

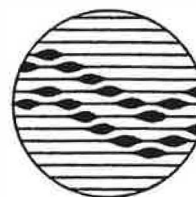


LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

HYDROGEOLOGISCH ONDERZOEK
VAN DE VERLATEN
FABRIEKSTERREINEN VAN
"LA FLORIDIENNE" TE GENT-EVERGEM
MATEMATISCHE MODELLERING

89/47/3?

HYDROGEOLOGISCH ONDERZOEK
VAN DE VERLATEN
FABRIEKSTERREINEN VAN
"LA FLORIDIENNE" TE GENT-EVERGEM
MATEMATISCHE MODELLERING



geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15

Leiding : Prof.Dr.W.De Breuck

Studie en verslag : Dr.L.Lebbe

Lic.M.Mahauden

Lic.M.Van Camp

Lic.E.Van Houtte

89/47

INHOUD

1 Inleiding	1
2 Grondwaterstroming	2
2.1 Boringen	2
2.2 Stijghoogtewaarnemingen	2
3 Matematische modellering	5
3.1 Aangewend matematisch model	5
3.2 Vertikaal model	7
3.2.1 Ligging van de modeldoorsnede	7
3.2.2 Ingevoerde gegevens	9
3.2.3 Resultaten	14
3.3 Horizontaal model	17
3.3.1 Ligging van het modelgebied	17
3.3.2 Ingevoerde gegevens	17
3.3.3 Resultaten	20
4 Besluit	23
PLATEN	26 65

FIGUREN

Fig 1 : Situering van de 2 boringen uitgevoerd door OVAM.

Fig 2 : Ligging van het modelgebied en de modeldoorsnede.

Fig 3 : Ligging van de verschillende volgestorte percelen.

Fig 4 : Ingevoerde doorlatendheden in het vertikaal model.

Fig 5 : Ingevoerde randvoorwaarden in het vertikaal model.

Fig 6 : Ingevoerde randvoorwaarden in het horizontaal model.

PLATEN

PLAAT 1 : Vertikaal model : stortzone 1

PLAAT 2 : Vertikaal model : stortzone 2

PLAAT 3 : Horizontaal model : stortzone 1

PLAAT 4 : Horizontaal model : stortzone 2

PLAAT 5 : Horizontaal model : stortzone 3

1. INLEIDING

Met haar overeenkomst van 22 februari 1990 verzocht de C.V. STABO het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Rijksuniversiteit Gent (LTGH) over te gaan tot het uitvoeren van een hydrogeologisch onderzoek van de verlaten fabrieksterreinen van "La Floridienne" te Gent-Evergem.

De studie ving aan op 1 maart 1990 en duurt zes maanden gespreid over de periode 1 maart - 15 september 1990.

In onderhavig verslag zijn de resultaten verwerkt tot drie hoofdstukken :

- grondwaterstroming (hoofdstuk 2)
- matematische modellering (hoofdstuk 3)
- besluit (hoofdstuk 4)

Het tweede hoofdstuk bevat de resultaten van twee bijkomende boringen uitgevoerd door de OVAM en van een bijkomende stijghoogtewaarneming.

Het derde hoofdstuk bevat de resultaten van de matematische modellering. In het kader van deze studie werden twee kwaliteitsmodellen opgesteld :

- een vertikaal model, dat de kwaliteitsevolutie berekent volgens een vertikaal profiel en rekening houdt met verticale stromingskomponenten en dichtheidsstromingen. Dit model laat toe de verandering van kwaliteit (verontreiniging) met de diepte te bestuderen.
- een horizontaal model, dat de laterale verspreiding van de verontreiniging berekent en rekening houdt met horizontale stromingskomponenten.

De combinatie van de resultaten van deze twee modellen (hoofdstuk 4) geeft de evolutie van de ruimtelijke verspreiding van de verontreinigingspluim in het grondwaterreservoir.

2. GRONDWATERSTROMING

2.1. Boringen

Door de OVAM werden 2 bijkomende boringen uitgevoerd tot op de a2 klei (Tertiair). De boorgaten werden achteraf uitgebouwd tot een hydrogeologisch waarnemingspunt. Er werden achteraf ook gammametingen uitgevoerd in de peilbuis. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 1. De top van de peilbuizen werden genivelleerd. Op fig. 1 is de plaats aangegeven van de twee boringen.

2.2. Stijghoogtewaarnemingen

Op 05.09.1990 werd in alle peilbuizen de stijghoogte gemeten. De resultaten zijn opgenomen in tabel 1.

De grondwaterstroming gemeten op 05.09.1990 bevestigt het patroon dat werd besproken in het vorig verslag. Er zouden ook waarnemingen gebeuren van de waterhoogte in de beken, maar er kon enkel vastgesteld worden dat alle beken er droog bij lagen.

Op fig. 1 is ook aan de hand van de 4 beschikbare peilputten in KZ1 het algemeen grondwaterstromingspatroon getekend.

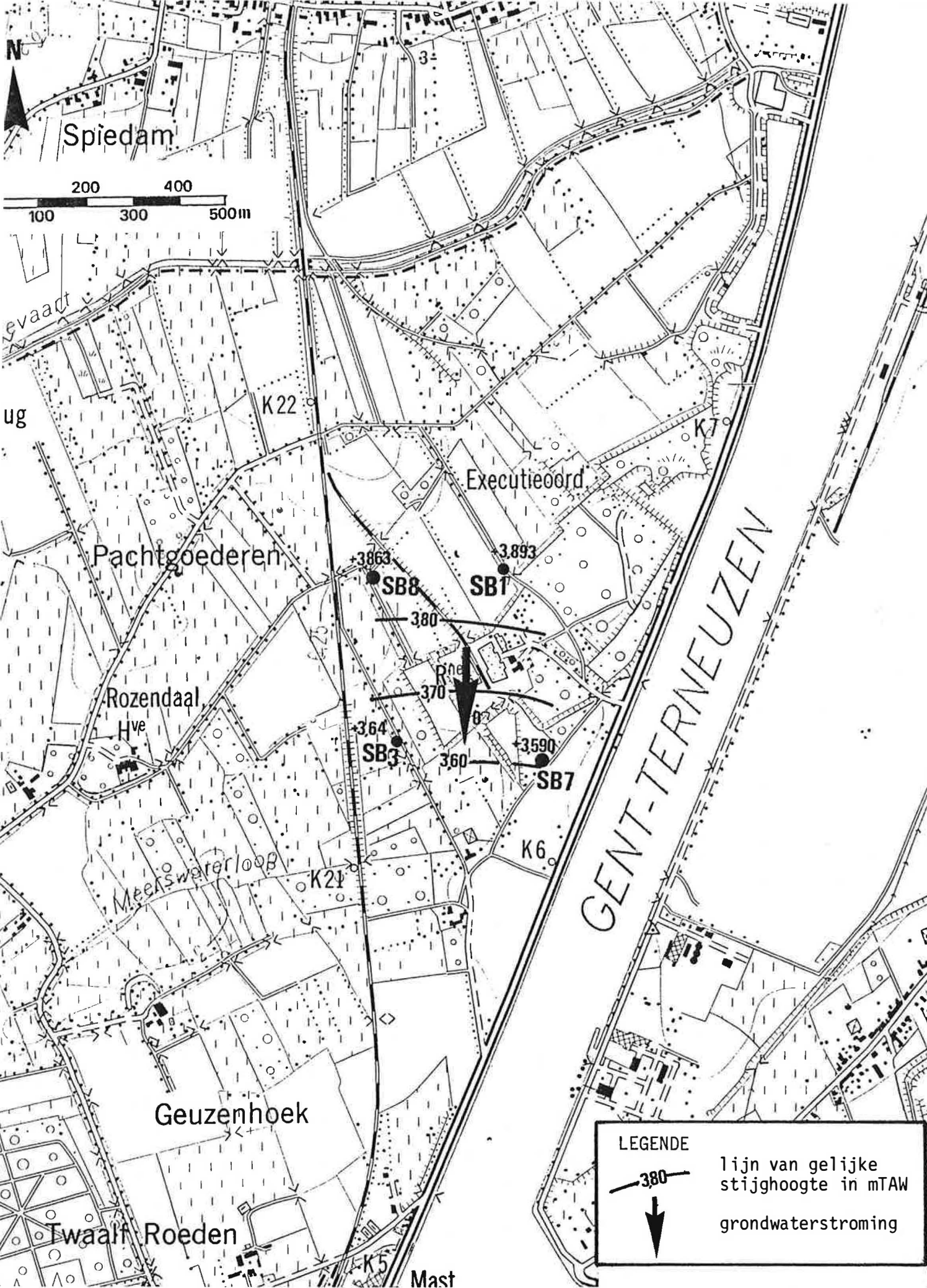


Fig. 1 - Algemeen grondwaterstromingspatroon in KZ1 gesteund op de metingen van 05.09.90 in de vier beschikbare peilputten. De boringen door de OVAM uitgevoerd zijn SB7 en SB8

Tabel 1. Geregistreeerde grondwaterpeilen (m TAW)

nr. peilbuis of boorgat	05.09.1990
SB1 F1 (KZ1)	+ 3,893
F2 (KZ2)	+ 3,871
SB2 F2 (KZ2)	+ 3,801
SB3 F1 (KZ1)	+ 3,582
F2 (KZ2)	+ 3,583
SB4 F2 (KZ2)	+ 3,608
SB5 F2 (KZ2)	+ 3,608
SB6 F2 (KZ2)	+ 3,728
SB7 F1 (KZ1)	+ 3,590
SB8 F1 (KZ1)	+ 3,863
DB1 F2 (KZ2)	+ 3,677
DB2 F2 (KZ2)	+ 3,830
7 (KZ2)	geen water in put
10 (KZ2)	+ 4,045
11 (KZ2)	+ 4,150
12 (KZ2)	+ 3,879
15 (KZ2)	geen water in put
16 (KZ2)	+ 3,698

3. MATEMATISCHE MODELLERING

3.1. Aangewend mathematisch model

In deze studie werd gebruik gemaakt van het twee-dimensionaal kwaliteitsmodel van L.F.KONIKOW & J.D.BREDEHOEFT (1978). Het simulatieprogramma werd gekoppeld aan een grafisch outputprogramma dat toelaat de berekende grondwaterstijghoogten, snelheden en concentraties voor te stellen.

Het numeriek model simuleert het transport van opgeloste stoffen in een grondwaterreservoir. Het berekent de opeenvolgende concentratieveranderingen van een chemisch inerte opgeloste stof. Het programma lost gelijktijdig twee partiële differentiaalvergelijkingen op. Het zijn de grondwaterstromingsvergelijking, waarbij rekening wordt gehouden met de dichtheidsverdeling en de vergelijking die het transport van opgeloste stoffen weergeeft. Het numeriek model gebruikt daartoe een modelnetwerk. De cellen van het netwerk zijn rechthoekig en gerangschikt volgens een aantal kolommen en rijen. De geometrie en afmetingen van het netwerk worden aangepast aan het studiegebied. De eerste en laatste kolom en rij kunnen niet tot het studiegebied behoren. In alle andere cellen berekent het numeriek model de stijghoogte en de concentratie.

De grondwaterstromingsvergelijking wordt afgeleid van de uitgebreide wet van DARCY, waarin de dichtheidsverschillen verwerkt zijn, en van de continuïteitswet. De opgeloste stoffentransportvergelijking wordt opgelost met de methode van de karakteristieken. Het mathematisch model combineert beide vergelijkingen en houdt daarbij rekening met :

- dichtheidsveranderingen wanneer het simulaties in een vertikale doorsnede betreft;
- konvektief transport;

- hydrodynamische dispersie.

De berekeningen geschieden volgens de techniek gekend als "particle tracking". Hierbij volgt men de beweging van een groot aantal waterdeeltjes doorheen het reservoir.

Bij de berekeningen wordt de aanwezigheid van twee primaire waters verondersteld. Het eerste primaire water is het regenwater dat buiten de stortzones door de onverzadigde zone perkoleert (dit is normaal infiltratiewater). Het tweede primaire water is 100% stortporiënwater. Het grondwaterreservoir is aanvankelijk volledig gevuld met normaal infiltratiewater. Teneinde de beweging van de deeltjes in het model te kunnen nagaan dient de werkelijke doorsijpelingsnelheid gekend te zijn. Deze is afhankelijk van de waterdoorlatende porositeit. De menging van de twee primaire waters bij stroming door de ondergrond is afhankelijk van de longitudinale (d_L) en de transversale dispersiviteit (d_T).

Elke simulatie is ingedeeld in een aantal opeenvolgende tijdstappen van gelijke lengte. Tijdens elke tijdstap voert het model een reeks bewegingen van de deeltjes in het netwerk uit. Uitgaande van de nieuwe posities van de deeltjes worden nieuwe concentraties berekend. Bij de berekeningen wordt na elke tijdstap een nieuwe stijghoogtekonfiguratie berekend, waarbij rekening wordt gehouden met de nieuwe dichtheidsverdeling van de verschillende waters. Hierbij wordt aangenomen dat de dichtheid lineair verandert met de concentratie.

Per tijdstap kunnen de resultaten voorgesteld worden in figuren waarin de stijghoogten, de grondwatersnelheden en de mengingsgraad van de twee primaire waters aangeduid zijn. Bij een vertikaal model stelt de figuur een verticale doorsnede doorheen het grondwaterreservoir voor. De verticale as geeft de diepte aan, de horizontale de afstand langs het profiel. Bij een horizontaal model stelt de figuur een bovenaanzicht

van de omgeving voor. Hier hebben de horizontale en vertikale as eenzelfde schaal en geven beide de afstand aan.

De berekende stijghoogten zijn voorgesteld met equipotentiaallijnen. Ze worden bekomen door een bilineaire interpolatie tussen de stijghoogten in de centra van de cellen. Alle figuren in deze studie hebben een stijghoogte-interval van 0.05 m.

De grondwatersnelheid wordt weergegeven door een vektor. Bij een vertikaal model wordt deze afgeleid uit de horizontale en vertikale snelheidskomponent, bij een horizontaal model uit de horizontale componenten volgens beide assen. De lengte van deze componenten wordt bepaald door de snelheid te vermenigvuldigen met de tijdsduur, hier gelijkgesteld aan één jaar (365.25 dagen).

De mengingsgraad van de twee primaire waters wordt aangegeven door lijnen van gelijke vermenging, verkregen door bilineaire interpolatie tussen de waarden in de centra van de cellen. De vermenging wordt uitgedrukt in percentage stortporiënwater. De getekende lijnen korresponderen met 99, 95,84, 50,16, 5 en 1%.

3.2. Vertikaal model

3.2.1. Ligging van de modeldoorsnede

Het gekozen modelprofiel valt samen met de geologische doorsnede uit het karakterisatierapport (fig. 2). De doorsnede begint in het NW nabij boring SB1 en loopt to ca 55 m ten SW van boring SB4. De totale lengte van het profiel is 600 m.

Het modelnetwerk bestaat uit 50 op 22 cellen, waarvan de buitenste niet tot het model behoren. Elke cel is 12,5 m lang en is 1 m hoog. De basis van het model bestaat uit de Bar-

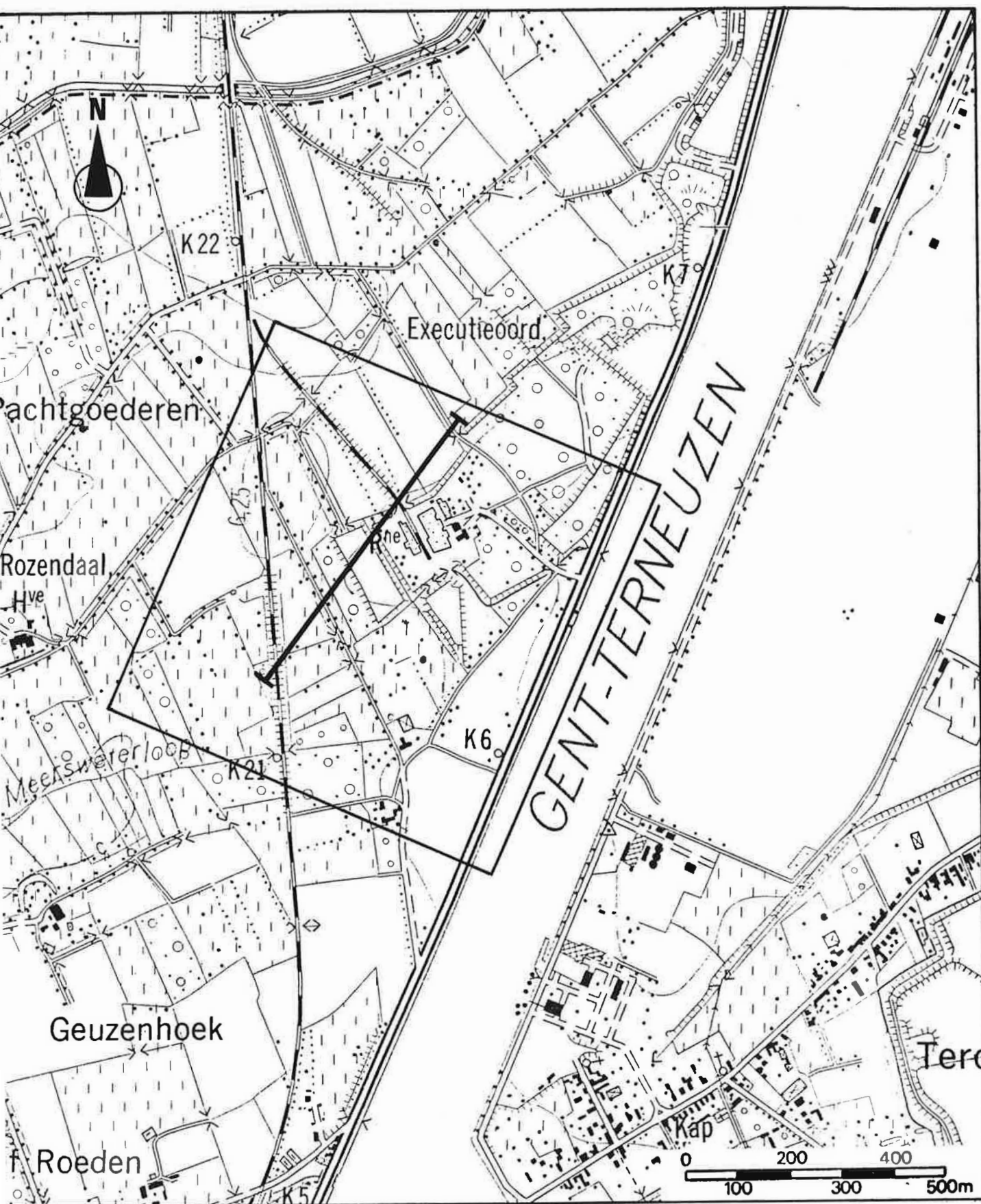


Fig.2 - Ligging van het modelgebied en de modeldoorsnede.

toonklei (a2). Deze kan hier als ondoorlatend substraat beschouwd worden.

Het verticale model doorsnijdt twee verschillende volgestorte percelen (zones 1 en 2). Daarom werden twee simulaties uitgevoerd om de verspreiding van de verontreiniging van de twee percelen afzonderlijk na te gaan. De hier gevolgde nummering van de volgestorte percelen is aangegeven op fig. 3.

3.2.2. Ingevoerde gegevens

De hydrogeologische opbouw werd afgeleid uit de geologische doorsnede van het karakterisatierapport. In het studiegebied kunnen twee watervoerende lagen, gescheiden door een slechtdoorlatende laag, worden onderscheiden in het pakket kwartaire afzettingen.

De onderste watervoerende laag KZ1 is in het profiel 3 tot 4 m dik. Ze heeft in het model een horizontale doorlatendheid van 13 m/d. Deze waarde werd gevonden bij een pompproef die ten noorden van het studiegebied is uitgevoerd.

De slechtdoorlatende laag KL is in de doorsnede 5 tot 7 m dik. Ze heeft in het model een hydraulische weerstand van 40 d/m gekregen. Deze waarde werd bepaald door kalibratie van het model.

De bovenste watervoerende laag KZ2 is in het profiel 8 tot 9 m dik. De horizontale doorlatendheid bedraagt 4,3 m/d. Deze waarde werd gevonden bij pompproeven uitgevoerd ten SSW van het studiegebied (zie karakterisatierapport).

De ingevoerde doorlatendheden zijn aangegeven op fig. 4.

De ophoging van stortzone 1, bestaande uit rood stortmateriaal, kreeg in het model een verticale doorlatendheid van

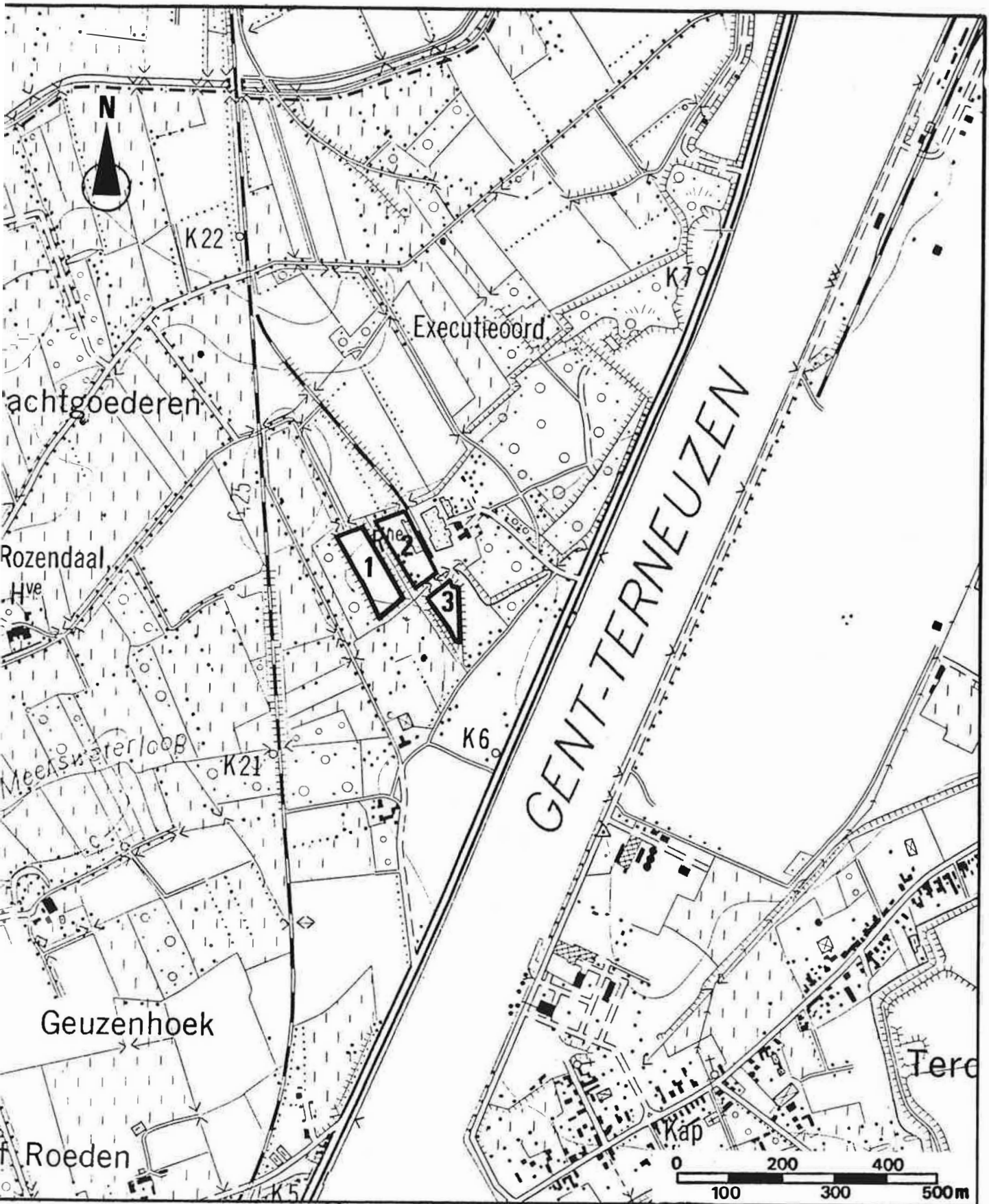


Fig.3 - Ligging van de verschillende volgestorte percelen.

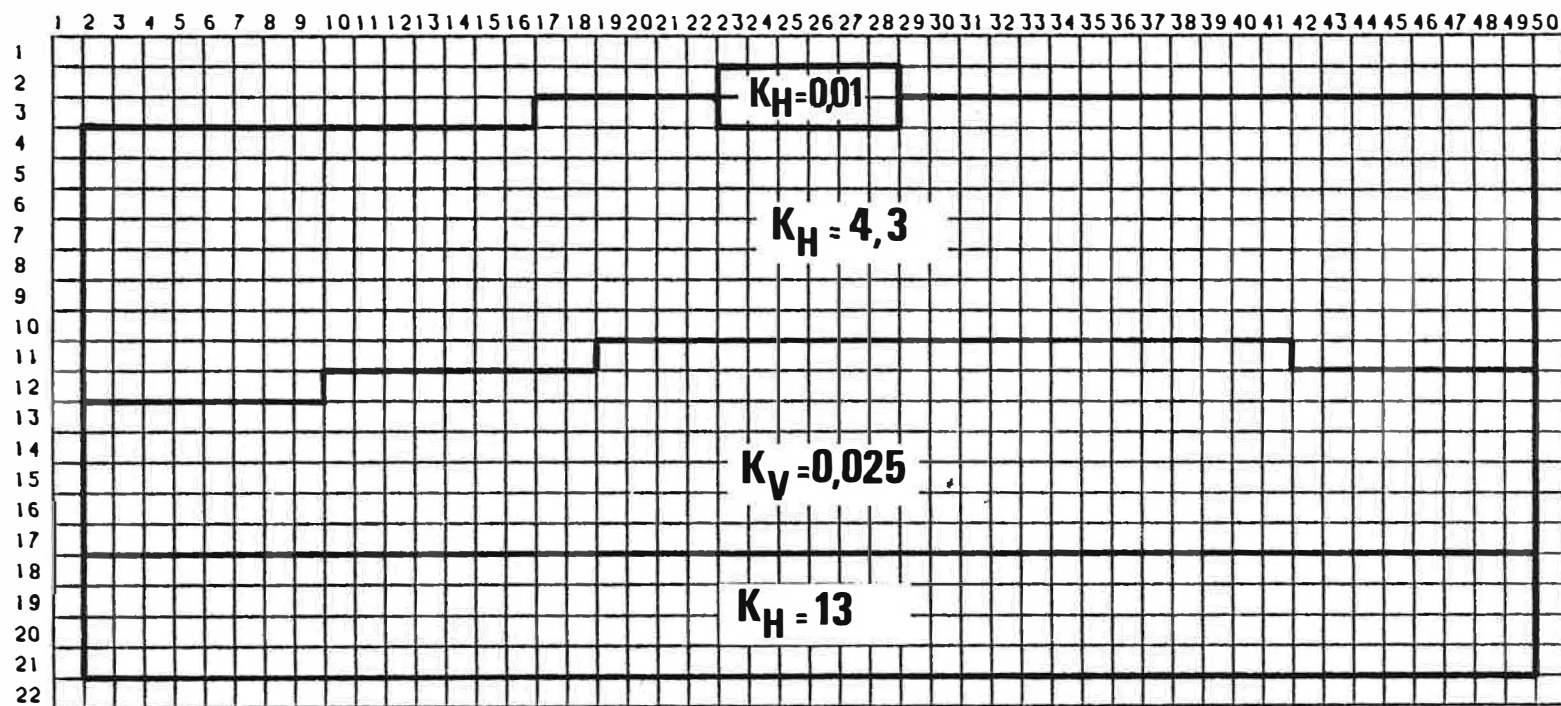


Fig.4 - Ingevoerde doorlatendheden in het vertikaal model.

0,01 m/d. Deze waarde werd geschat.

De SW-grens van de doorsnede werd als een vaste stijghoogte-grens in het model opgenomen. De stijghoogte in de laag KZ2 werd op + 4.15 geschat, de stijghoogte in de laag KZ1 10 cm lager. De stijghoogte verandert geleidelijk over de laag KL.

De NE-grens werd als een ondoorlatende grens opgenomen. Verder naar het noorden gebeurt de afwatering en de grondwaterstroming naar de Avrijevaart (waterpeil ca. + 4,45). Hier wordt aangenomen dat de grondwaterscheidingskam zich nabij boring SB1 bevindt. De precieze ligging van de waterscheidingskam kan op grond van de bestaande stijghoogtemetingen niet vastgelegd worden.

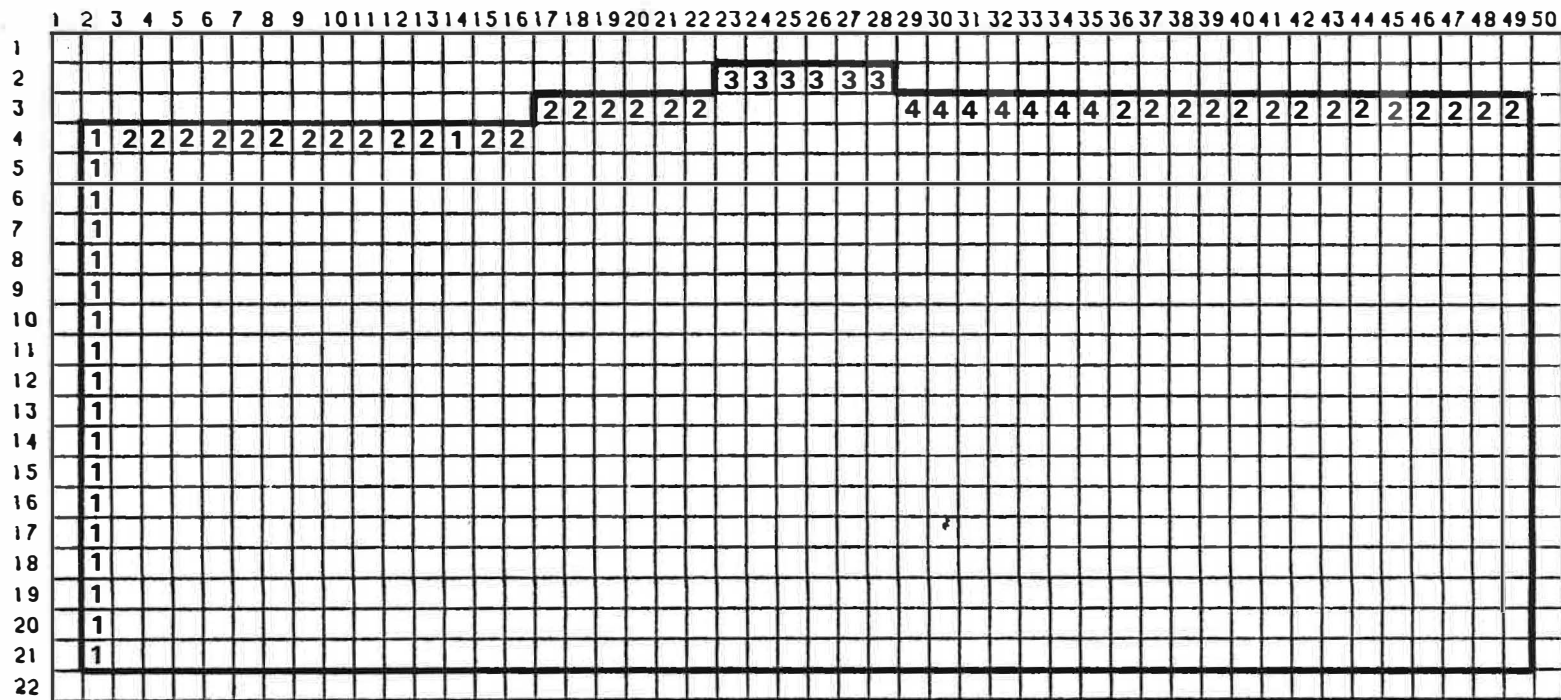
De gracht die zich naast de weg bevindt die langsheen het rode stort loopt werd als een vaste stijghoogte op peil + 4,15 ingebracht. Deze waarde is iets lager dan de stijghoogte die in de filter SB4 F2 werd opgemeten.

De nuttige neerslag boven het gebied bedraagt 270 mm/jaar.

Tijdens de aanleg van stortzone 1 (1955-1960) wordt geschat dat de nuttige neerslag boven het stort 3 maal de normale hoeveelheid was (810 mm/jaar). Voor en na de aanleg werd boven dit stortperceel de normale neerslaghoeveelheid aangehouden.

De ingevoerde randvoorwaarden zijn voorgesteld op fig. 5.

Aangezien de modeldoorsnede niet precies een stroomlijn volgt treedt er een stromingskomponent op die niet volgens de modeldoorsnede loopt. Hier wordt deze stromingskomponent gelijk genomen over de hele lengte en diepte van het modelprofiel. De grootte van deze stromingskomponent werd door kalibratie van het model bepaald en bedraagt 200 mm/jaar.



- 1 = vaste stijghoogte
- 2 = infiltratiecel (270 mm /jaar,0%)
- 3 = infiltratiecel (1955-1960 : 810 mm/jaar,100%)
 (1960-1965 : 270 mm/jaar,85%)
 (1965-1970 : 270 mm/jaar,70%)
 (1970-1975 : 270 mm/jaar,55%)
 (1975-1980 : 270 mm/jaar,40%)
 (1980-1985 : 270 mm/jaar,25%)
 (1985-1990 : 270 mm/jaar,10%)
- 4 = infiltratiecel (270 mm/jaar,100%)

Fig.5 - Ingevoerde randvoorwaarden in het vertikaal model.

Bij de berekeningen van de verontreiniging van de stortzone 1 werd aan het stortpercolaat een dichtheid van 1.017 toegekend. Bij de berekening van de verontreiniging van stortzone 2 werd aan het stortpercolaat een dichtheid van 1.0012 toegekend. Deze dichtheden werden afgeleid door vergelijking van de gemeten geleidbaarheden van het grondwater met de geleidbaarheid van zeewater.

In de peilbuis DB1, gelegen onder het stortterrein 1, wordt een geleidbaarheid gemeten van ca. 3900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dit is ca. 12% van de hoogste waarde die gemeten werd (32932 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in SB3F1). Hier wordt aangenomen dat de uitloging van het stort in de loop der jaren vermindert is van 100% in 1955-1960 (aanleg) tot 10% in 1985-1990. Per 5 jaar treedt een vermindering op van 15%..

De anisotropiefactor (verhouding verticale op horizontale doorlatendheid) bedraagt 0.10.

De dispersiviteit werd op 0.15 m geschat. De verhouding van transversale op longitudinale dispersiviteit is 0.01.

De waterdoorlatende porositeit bedraagt 0.38.

3.2.3. Resultaten

Aangezien de modeldoorsnede twee verschillende volgestorte percelen doorloopt, werden twee simulaties uitgevoerd.

De resultaten van de simulatie van de verontreiniging tengevolge van stortzone 1 staan voorgesteld op PLAAT I.

Gedurende de eerste 5 jaar vindt er onder stort tengevolge van de grotere infiltratiesnelheid (3 maal de normale waarde) een grotere stroming plaats. Stroomafwaarts van het stort

zorgt de gracht voor een drainage van het water dat vanonder het stort komt toegestroomd. De verontreiniging gaat zich vooral in de laag KZ2 verspreiden, maar heeft wel reeds de leemlaag KL bereikt.

Na de aanleg van het stort vindt er op het stortterrein een normale infiltratie plaats van 270 mm/jaar. De concentratie van het stortpercolaat vermindert na de aanleg. Hierdoor gaat zich onder het stort een bel met hoge concentraties vormen. Deze bel zal door de neerwaartse stroming doorheen de leemlaag zakken tot in de watervoerende laag KZ1. Door de hogere concentraties zal tengevolge van de densiteitsstroming rondom de bel een grotere neerwaartse stroming voorkomen. Na ca. 25 jaar zal de bel in de laag KZ1 zijn doorgedrongen. Van dan af zal er een horizontale stroming naar het zuiden optreden. De snelheid waarmee de verontreiniging zich in deze laag voortbeweegt hangt af van de horizontale doorlatendheid. In de bovenste watervoerende laag KZ2 zal de verontreiniging wel door de gracht worden opgevangen. Deze conclusie is gebaseerd op de aanname dat het waterpeil in deze gracht gemiddeld + 4,15 is.

De resultaten van de simulatie van de verontreiniging tengevolge van stortzone 2 zijn voorgesteld op PLAAT 2.

Tijdens de eerste 10 jaar verspreid de verontreiniging zich in de laag KZ2. Tussen 10 en 25 jaar na aanleg van het stortperceel dringt het verontreinigingsfront doorheen de leemlaag KL. Van dan af zal de verontreiniging zich vooral lateraal naar het zuiden in de onderste laag KZ1 bewegen. De snelheid hiervan hangt af van de doorlatendheid van de laag KZ1.

Bij de interpretatie van de resultaten van de simulaties van het vertikaal model moet worden rekening gehouden met volgende factoren :

- Het model is gekalibreerd naar de waargenomen stijghoogten van mei 1990. Deze stijghoogten kunnen niet als gemiddelde stijghoogten van de laatste 30 jaar beschouwd worden. Hiervoor zijn waarnemingen over een langere periode noodzakelijk. De metingen zijn zelfs niet representatief voor de gemiddelde toestand van 1990.
- Het vertikaal model volgt niet precies een stroomlijn. Er treedt een stromingskomponent op loodrecht op de doorsnede.
- De ingevoerde dichtheid van het stortpercolaat (1.017) is afgeleid uit vergelijking van gemeten geleidbaarheden van het grondwater met de geleidbaarheid van zeewater. De preciese dichtheid zou op het veld moeten bepaald worden. Dit kan een invloed hebben op de in het model berekende dichtheidsstromingen.*
- In de verticale doorsnede wordt de gracht stroomafwaarts van het stort op een gemiddeld peil van + 4.15 gehouden. Hiervoor zijn geen metingen uitgevoerd. Het ingevoerde peil wordt als een gemiddeld waterpeil beschouwd.
- De snelheid waarmee de verontreiniging zich in de laag KZ1 verspreid hangt sterk af van de doorlatendheid van deze laag. In de onmiddellijke omgeving van het studieterrein zijn tot nu toe geen pompproeven uitgevoerd in deze laag.

Het echte stromingspatroon kan bijgevolg afwijken van de door het model berekende grondwaterstromingen. Bijgevolg kan de berekende concentratieverdeling verschillen van de waargenomen concentraties.

3.3. Horizontaal model

3.3.1. Ligging van het modelgebied

Het modelgebied beslaat een vierkant gebied van 800 op 800 m. De oostgrens wordt gevormd door het kanaal Gent-Terneuzen, de overige grenzen zijn zodanig gekozen dat het stortterrein centraal ligt. De ligging is aangegeven op fig. 2.

Het modelnetwerk bestaat uit 40 kolommen en 40 rijen, waarvan de buitenste niet tot het model behoren. Elke cel is 25 m lang en 25 m breed.

De basis van het grondwaterreservoir wordt gevormd door de Bartoonklei (a2). Deze kan hier als ondoorlatend substraat beschouwd worden.

3.3.2. Ingevoerde gegevens

In het horizontaal model wordt slechts één watervoerende laag opgenomen. Het gehele pakket boven de Bartoonkei (a2) wordt als één enkel watervoerend pakket beschouwd. De slechtdoorlatende leemlaag KL wordt dus niet als een slecht doorlatende laag in het model opgenomen. De dikte van de watervoerende laag is de som van de dikten van de lagen KZ1 en KZ2. Als representatieve dikten werden respectievelijk 4 en 9 m aangenomen, wat een totale dikte van 13 m oplevert. De doorlatendheid werd berekend door de som van de kD -waarden van de lagen KZ1 en KZ2 te delen door de totale dikte (13 m). Dit leverde een doorlatendheid van 7 m/d op.

Aan de randen van het model werden vaste stijghoogten ingevoerd. Deze werden geschat door inter- en extrapolatie van de uitgevoerde stijghoogtemetingen. Aan de oostgrens van het model werd + 4,45 als gemiddeld kanaalpeil aangenomen.

In het model werd voor de nuttige neerslag boven het studiegebied 270 mm/jaar ingevoerd.

De Meerswaterloop, de belangrijkste waterloop nabij het stortterrein werd als vaste stijghoogtecellen in het model opgenomen. Tussen de vaste stijghoogtecellen en het grondwaterreservoir werd een hydraulische weerstand van 10 d ingebouwd. De ingevoerde vaste stijghoogten werden afgeleid van peilmetingen die op 30 mei 1990 werden uitgevoerd.

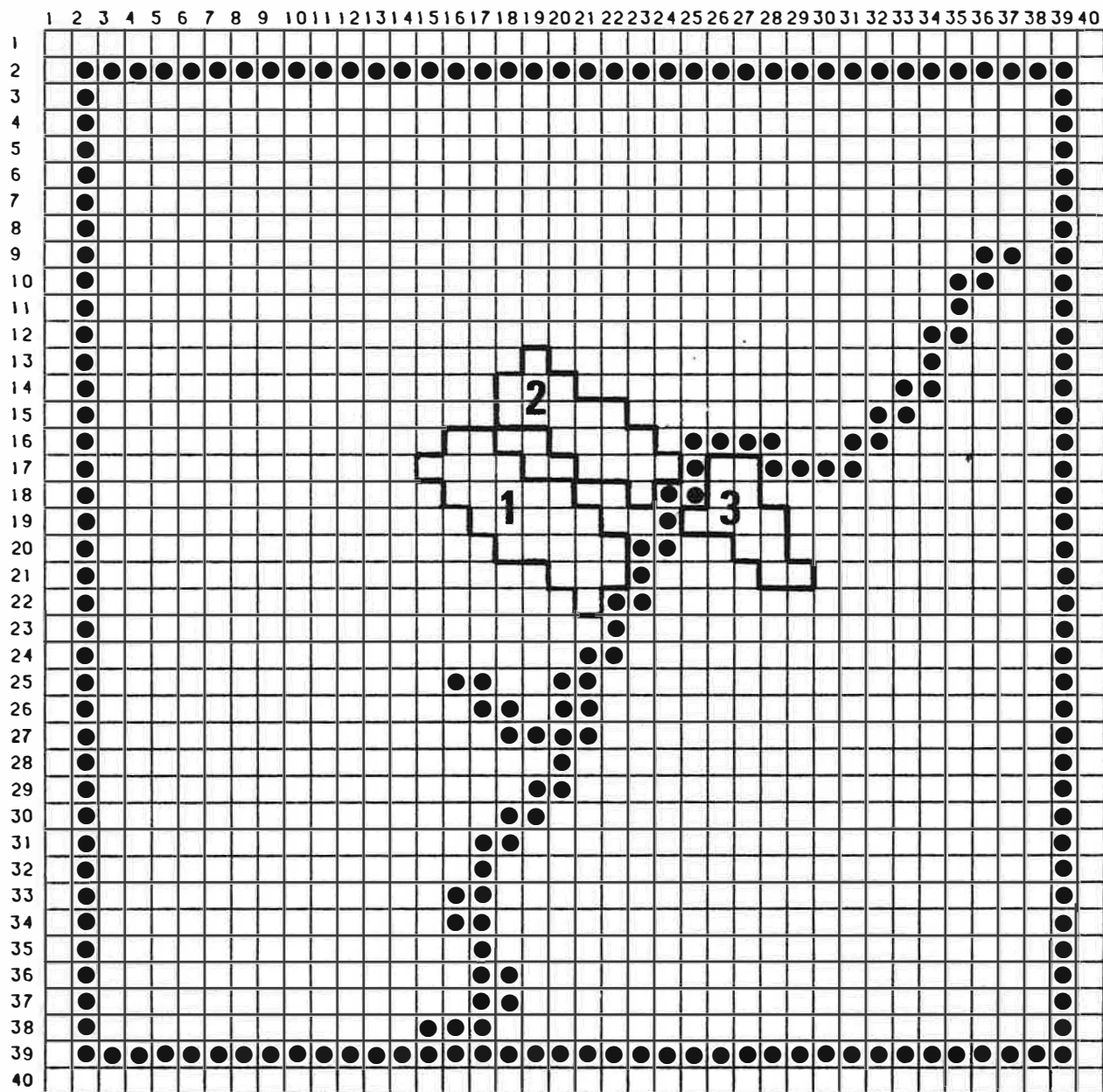
De ingevoerde randvoorwaarden zijn aangegeven op fig. 6.

De dispersiviteit in het model bedraagt 0.15 m. De verhouding van laterale op longitudinale dispersiviteit 0.01.

De waterdoorlatende porositeit is 0.38.

Bij de simulatie van stortzone 1 wordt verondersteld dat de aanleg van het stort 5 jaar duurde. Op de luchtfoto's van augustus 1958 is de zuidelijke helft van het stort aangelegd. Het bedrijf sloot in 1961 zodat de zuidelijke helft in maximaal 2,5 jaar is opgehoogd. De hele stortzone 1 kan dus in 5 jaar zijn volgestort. Bij de berekening gebeurt dit tussen 1955 en 1960. De aanleg van het opgehoogde stortterrein (ca. 1.8 m boven maaiveld) gebeurde tussen aangelegde dijken. Het materiaal werd, vermengd met water, binnen het bekken gebracht, waar het kon bezinken. Geschat wordt dat op deze manier de infiltratie onder het bekken drie maal de normale nuttige neerslag bedroeg ($3 \times 270 = 810$ mm/jaar). Vanaf 1960 bedraagt de nuttige neerslag op het stort de normale waarde (270 mm/jaar).

In de peilbuis DB1, gelegen onder het stortterrein 1, wordt een geleidbaarheid gemeten van ca. 3900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dit is ca. 12 % van de hoogste waarde die gemeten werd (32932 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in SB3F1). Hier wordt aangenomen dat de uitloging van het stort



■ = vaste stijghoogtecel

1 = STORTZONE 1

infiltratie:

1955-1960:810 mm/jaar,100%

1960-1965:270 mm/jaar, 85%

1965-1970:270 mm/jaar, 70%

1970-1975:270 mm/jaar, 55%

1975-1980:270 mm/jaar, 40%

1980-1985:270 mm/jaar, 25%

1985-1990:270 mm/jaar, 10%

2 = STORTZONE 2

infiltratie:270 mm/jaar,100%

3 = STORTZONE 3

infiltratie:270 mm/jaar,100%

Fig.6 - Ingevoerde randvoorwaarden in het horizontaal model.

in de loop der jaren vermindert is van 100 % in 1955 - 1960 (aanleg) tot 10 % in 1985 - 1990. Per 5 jaar treedt een vermindering op van 15 %.

Bij de simulatie van stortzone 2 wordt aangenomen dat deze zone sinds 1945 volgestort is. Op de luchtfoto's van 1942-1944 is de zone half volgestort, op de opnamen van juli 1949 is het terrein volledig volgestort. Bij deze berekening wordt gedurende 45 jaar de normale nuttige neerslaghoeveelheid (270 mm/jaar) aan 100 % concentratie geïnfiltreerd. Onder stortzone 2 werd in de peilbuis SB2F2 een geleidbaarheid gemeten van 2358 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Het is echter niet uitgesloten dat in het verleden een sterkere uitloging heeft plaatsgevonden. Gedurende de periode 1955 - 1960 vindt boven de stortzone 1 een verhoogde infiltratie van 810 mm/jaar plaats.

Bij de simulatie van stortzone 3 wordt aangenomen dat het stort sinds 1950 aanwezig is. In de periode 1955 - 1960 wordt een verhoogde infiltratie boven de stortzone 1 ingebracht. Het percolaat heeft steeds 100 % als concentratie.

3.3.3. Resultaten

Aangezien de stortplaats bestaat uit verschillende percelen die in opeenvolgende fasen met divers materiaal werden volgestort, zijn simulaties uitgevoerd waarbij telkens de verspreiding van de verontreiniging vanuit de verschillende percelen werd nagegaan. Simulaties werden uitgevoerd voor de stortzones 1, 2 en 3 (fig. 3). Bij elke simulatie wordt hetzelfde stijghoogtepatroon berekend.

De resultaten van de simulatie van stortzone 1 zijn voorgesteld op PLAAT 3. De verontreiniging zal zich in zuidelijke richting bewegen naar de Meerswaterloop en zijgracht toe. Met het horizontaal model kan niet worden vastgesteld of de verontreiniging onder deze grachten doordringt (zie resultaten

vertikaal model).

De resultaten van de simulatie van stortzone 2 zijn voorgesteld op PLAAT 4. De verontreiniging zal zich in zuidelijke richting verplaatsen, onder de stortzone 1 door, tot aan de Meerswaterloop en zijgracht. Met het horizontaal model kan niet worden vastgesteld of de verontreiniging onder deze grachten doordringt (zie resultaten vertikaal model).

De resultaten van de simulatie van stortzone 3 staan voorgesteld op PLAAT 5. De verontreiniging zal zuidwaarts bewegen langsheen en naar de Meerswaterloop toe.

De overige stortzones zijn noordelijker gelegen. De verspreiding van de verontreiniging van deze stortzones wordt bepaald door de eventuele aanwezigheid van een waterscheidingskam. Ten noorden van deze kam gebeurt de stroming naar de Avrijevaart toe, ten zuiden ervan naar de Meerswaterloop toe. Met de bestaande stijghoogtegegevens kan deze waterscheidingskam niet gelokaliseerd worden. Wanneer de noordelijke stortzones zich ten zuiden van deze scheidingskam bevinden zal de verontreiniging zich in zuidelijke richting verplaatsen. Liggen ze ten noorden van de waterscheiding dan zal de verontreiniging naar het noorden stromen.

Bij de interpretatie van de berekende concentraties moet met volgende factoren worden rekening gehouden :

- de berekende concentraties zijn gemiddelde concentraties over de hele dikte van het reservoir. Wanneer de verontreiniging niet van de top tot de basis van het reservoir voorkomt, zullen de berekende concentraties kleiner zijn dan de waargenomen.
- het horizontaal model houdt geen rekening met verticale stromingskomponenten. Het dient in de eerste plaats om de

laterale verspreiding van de verontreinigingspluim vast te stellen.

- er zijn te weinig stijghoogtegegevens voorhanden om het model naar een gemiddeld stijghoogtepatroon te kalibreren. De berekende stijghoogten (PLAAT 3, 4 en 5) vertonen ongeveer hetzelfde patroon als uit de stijghoogtewaarnemingen kan afgeleid worden (karakterisatierapport, fig. 3). De stroming gebeurt naar het zuidwesten van het gebied naar de Meerswaterloop toe; deze heeft in het zuiden van het modelgebied een drainerende werking. In het noordelijk deel van het modelgebied komt een waterscheidingskam voor : ten noorden hiervan is de grondwaterstroming naar de Avrijevaart gericht. Op basis van de bestaande stijghoogtemetingen kan de ligging van deze waterscheidingskam niet juist gelokaliseerd worden. Aangezien aan de randen van het model vaste stijghoogten zijn ingevoerd ligt de scheidingskam binnen het modelgebied.

4. BESLUIT

Van het studiegebied werden 2 matematische modellen opgesteld:

- een vertikaal model dat de verspreiding van de verontreiniging in functie van de diepte berekent volgens een NE-SW profiel langsheen de belangrijkste boringen in het gebied.
- een horizontaal model dat de laterale verspreiding van de verontreiniging in de onmiddellijke omgeving van het stortterrein berekent.

Uit het vertikaal model blijkt :

- dat een gracht ten zuiden van het stortterrein in staat is de verontreiniging in de laag KZ2 tegen te houden, wanneer het peil van deze gracht laag genoeg wordt gehouden om ze drainerend te laten werken.
- dat het verontreinigingsfront tot in de laag KZ1 doordringt en zich van daar af snel naar het zuiden kan verplaatsen, afhankelijk van de doorlatendheid van de onderste laag. De invloed van een gracht op de stroming in de onderste laag hangt af van :
 - het aangehouden gemiddeld waterpeil in deze gracht
 - de hydraulische weerstand van de leemlaag KL.

Met de hier ingevoerde waarden (waterpeil gracht + 4,15 en hydraulische weerstand van de KL-laag 40 d/m) wordt de verontreiniging in de KZ1 laag niet tegengehouden.

- bij de verontreiniging van stortzone 1 spelen tengevolge van de hoge concentraties dichtheidsstromingen een rol.

Uit het horizontaal model blijkt :

- dat de verontreiniging van stortzone 1 zich zuidwaarts verplaatst naar de Meerswaterloop en zijgracht toe.
- dat de verontreiniging van stortzone 2 zich zuidwaarts verplaatst onder de stortzone 1 door naar de Meerswaterloop en zijgracht toe.
- dat de verontreiniging van stortzone 3 zich ten oosten van de Meerswaterloop verplaatst naar deze beek toe.

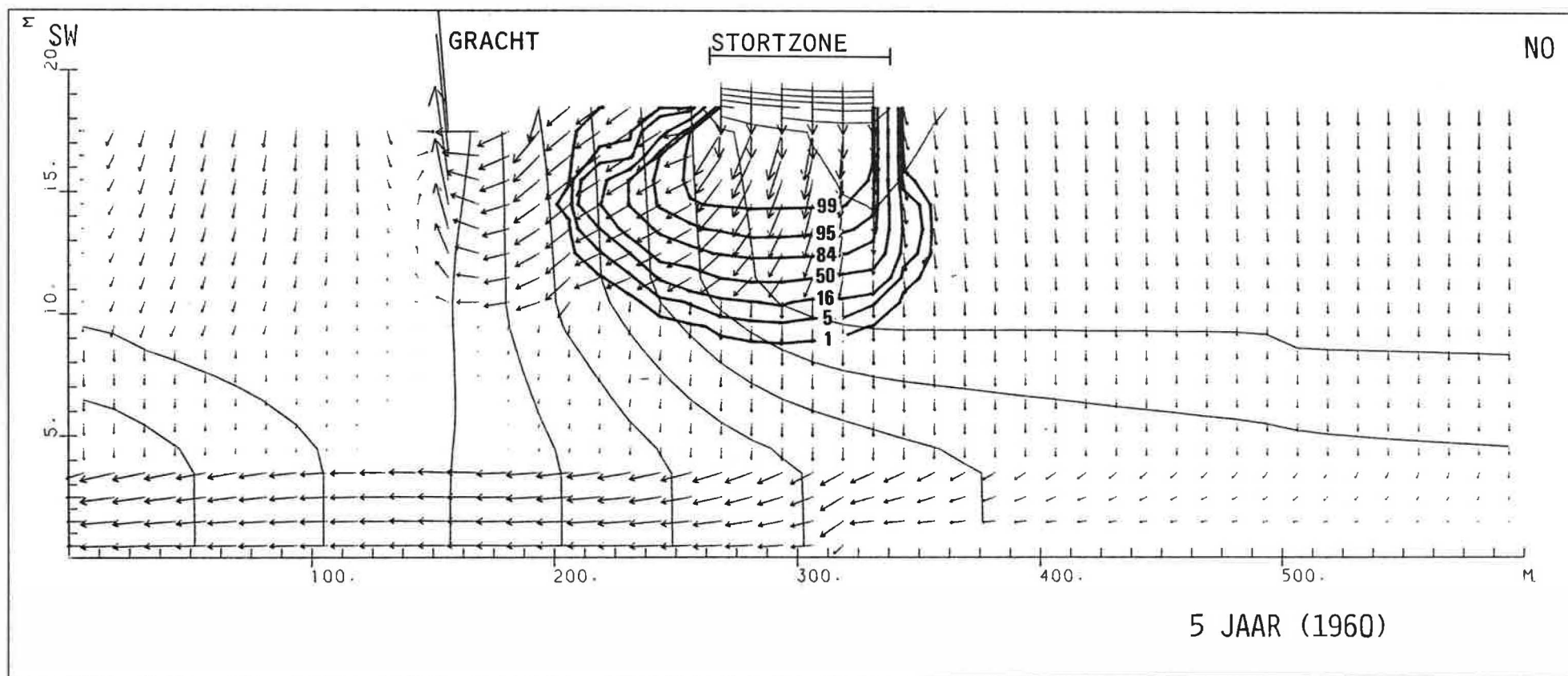
Bij de evaluatie van deze resultaten moet worden rekening gehouden dat het model gekalibreerd is naar stijghoogten die in mei 1990 zijn gemeten. Deze kunnen niet als gemiddelde stijghoogten sinds de aanleg van het stortterrein beschouwd worden.

LEGENDE BIJ DE PLATEN

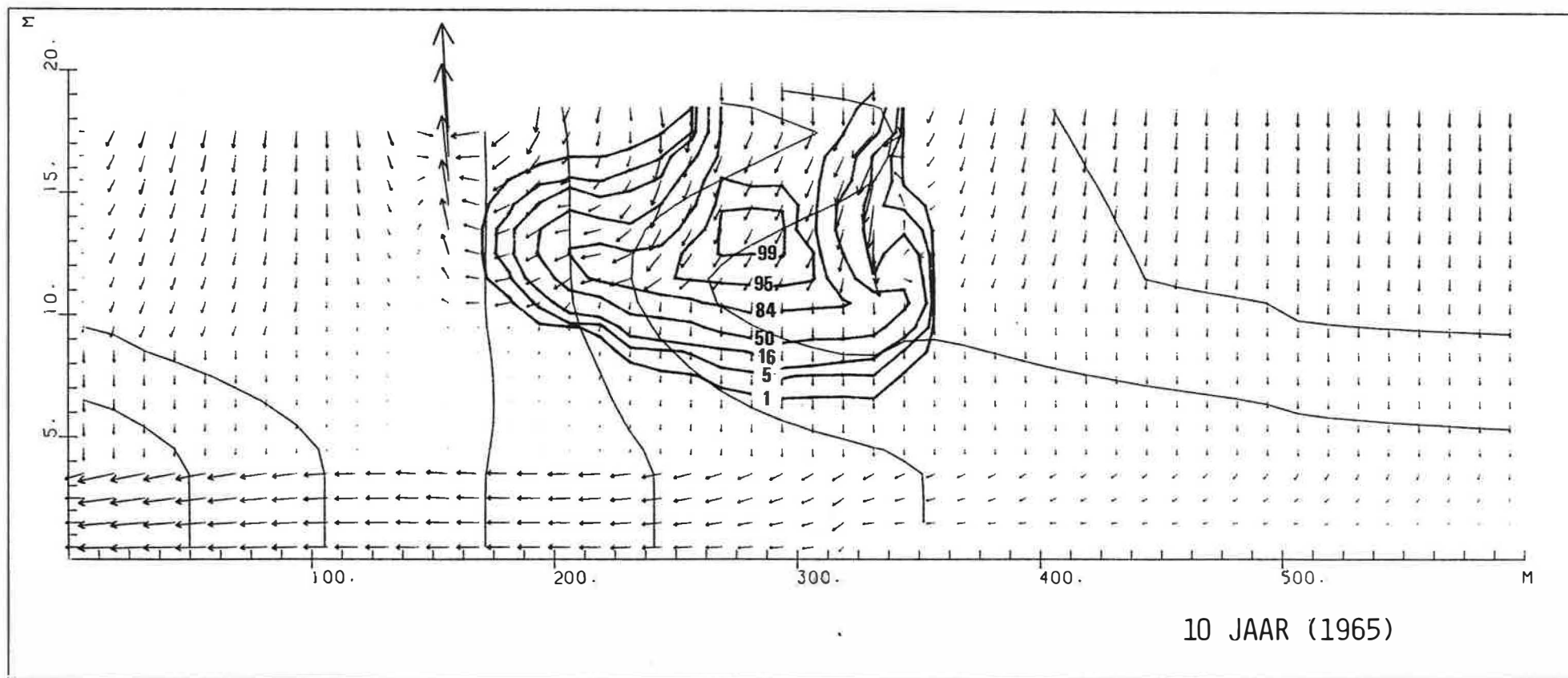
————— 16 ————— Lijn van gelijke mengingsgraad (in % stortporiënwater)

————— 6,0 ————— Equipotentiaallijn (in m TAW)

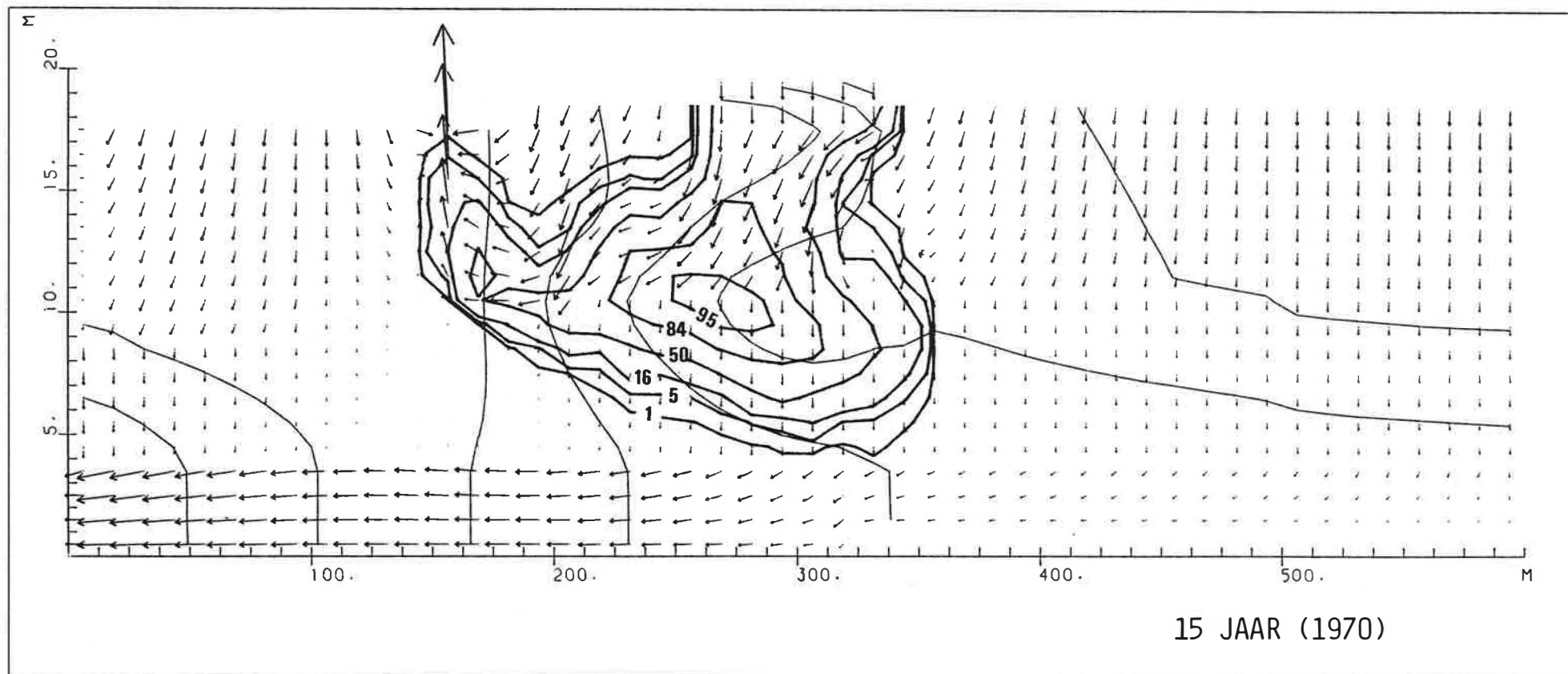
————— → Snelheidsvektor (tijdsduurfaktor = 1 jaar)



PLAAT 1 : Vertikaal model:stortzone 1

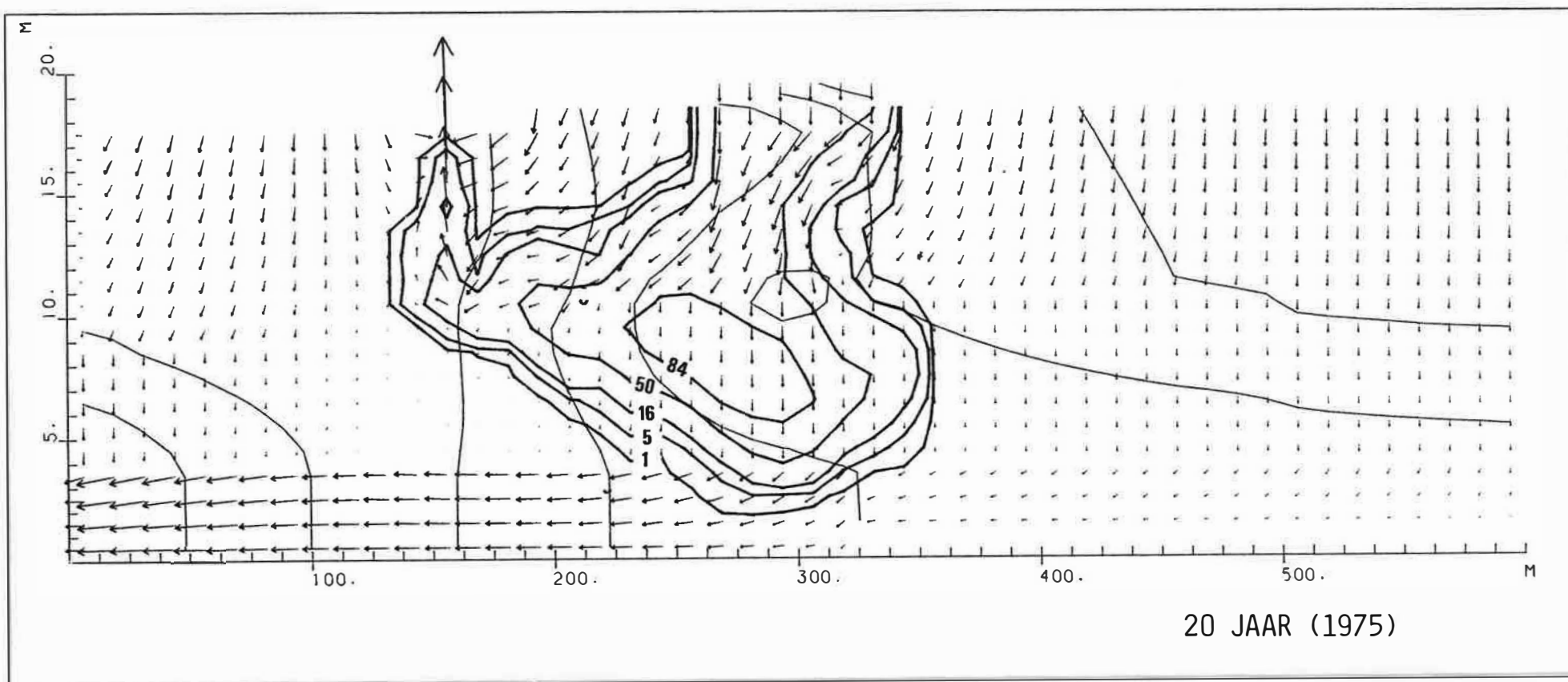


PLAAT 1: (vervolg)

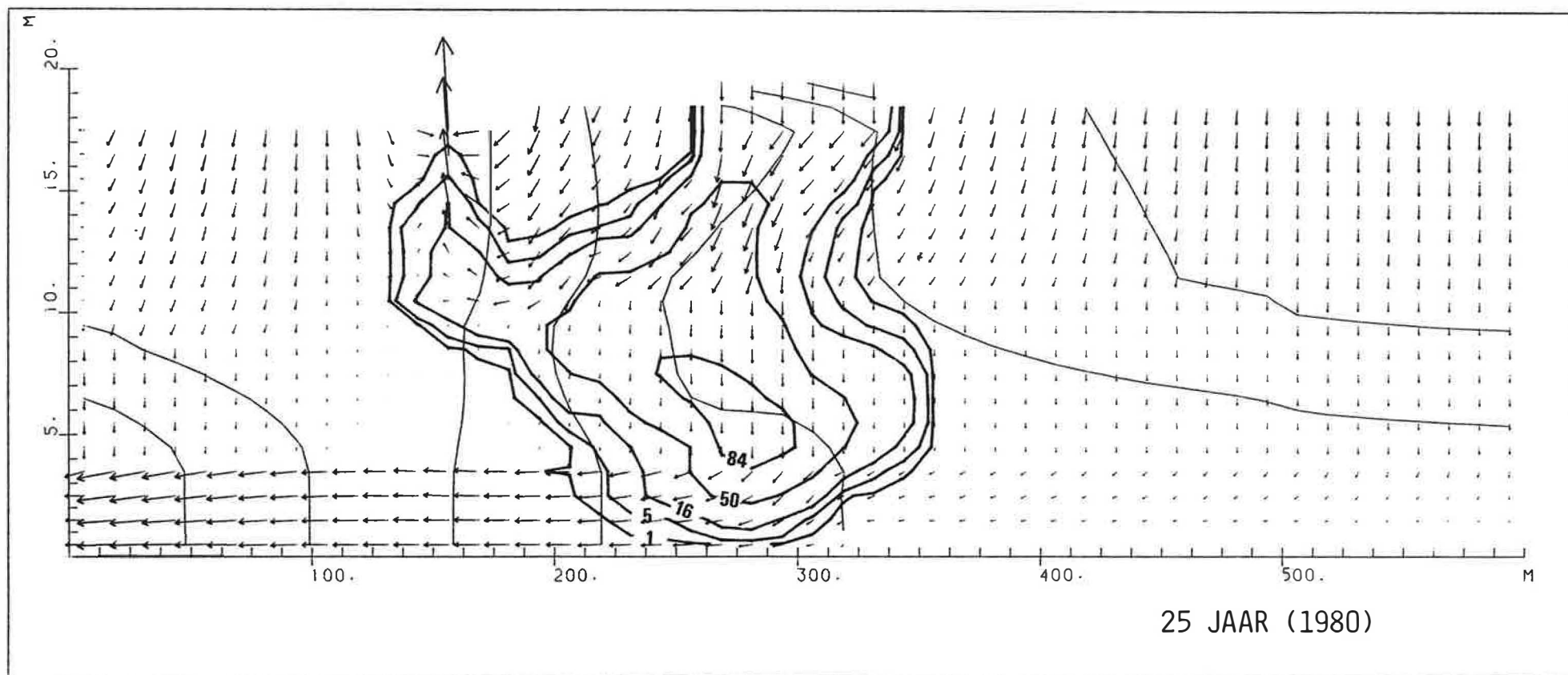


15 JAAR (1970)

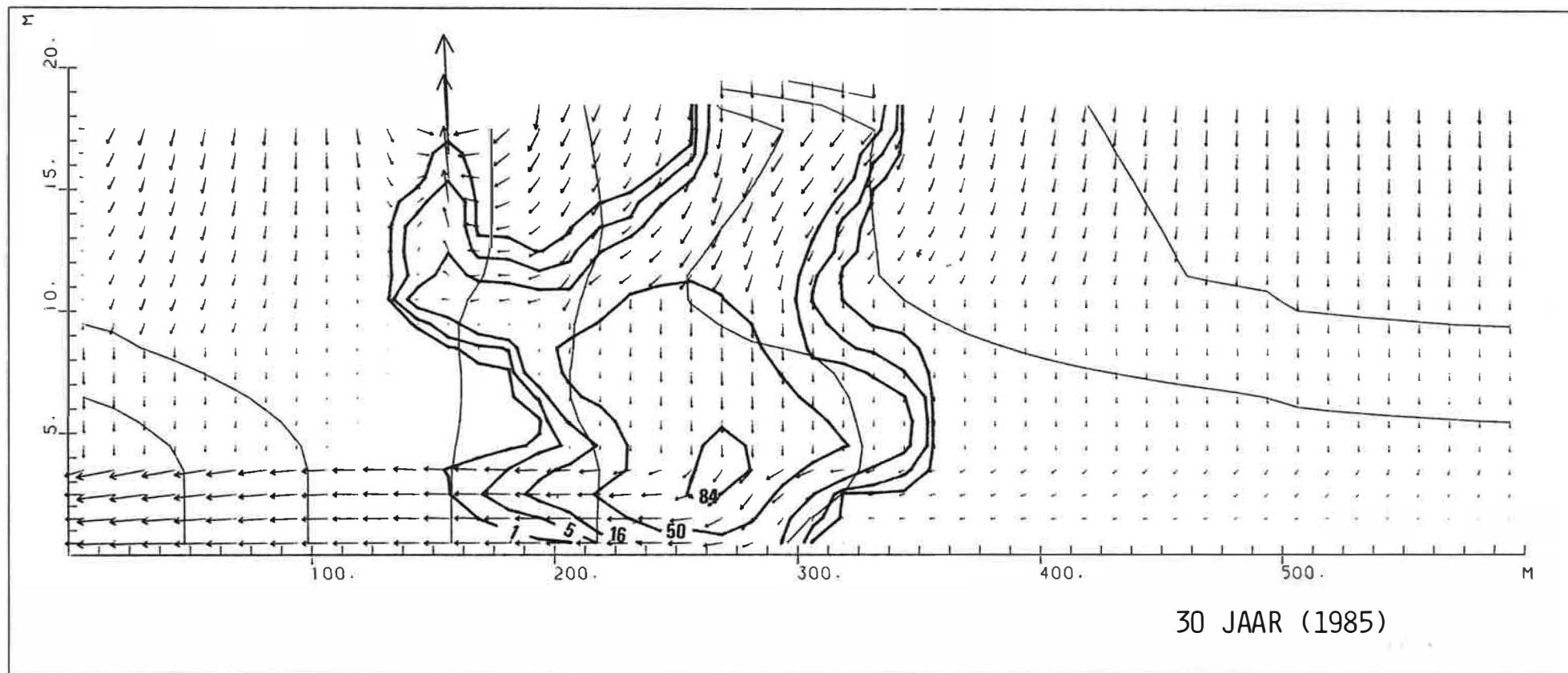
PLAAT 1 : (vervolg)



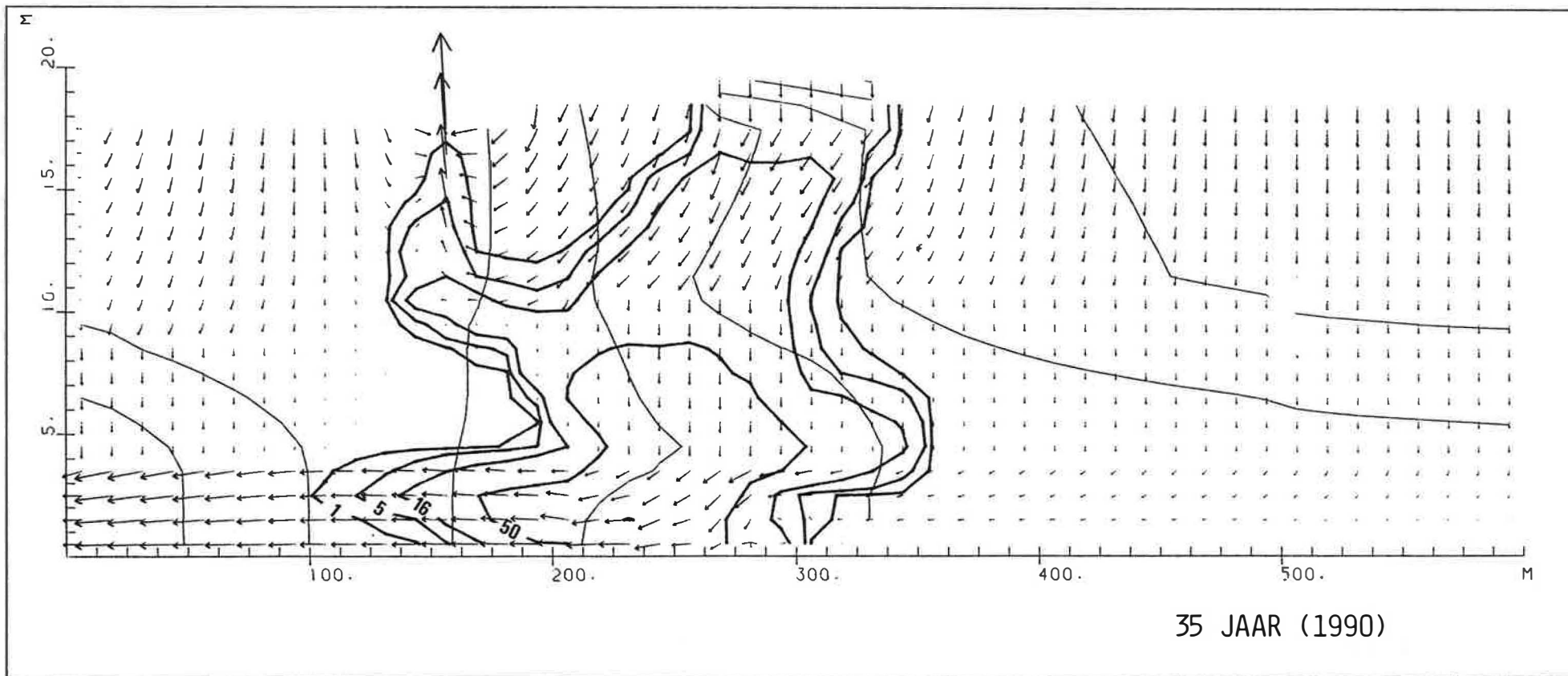
PLAAT 1 : (vervolg)



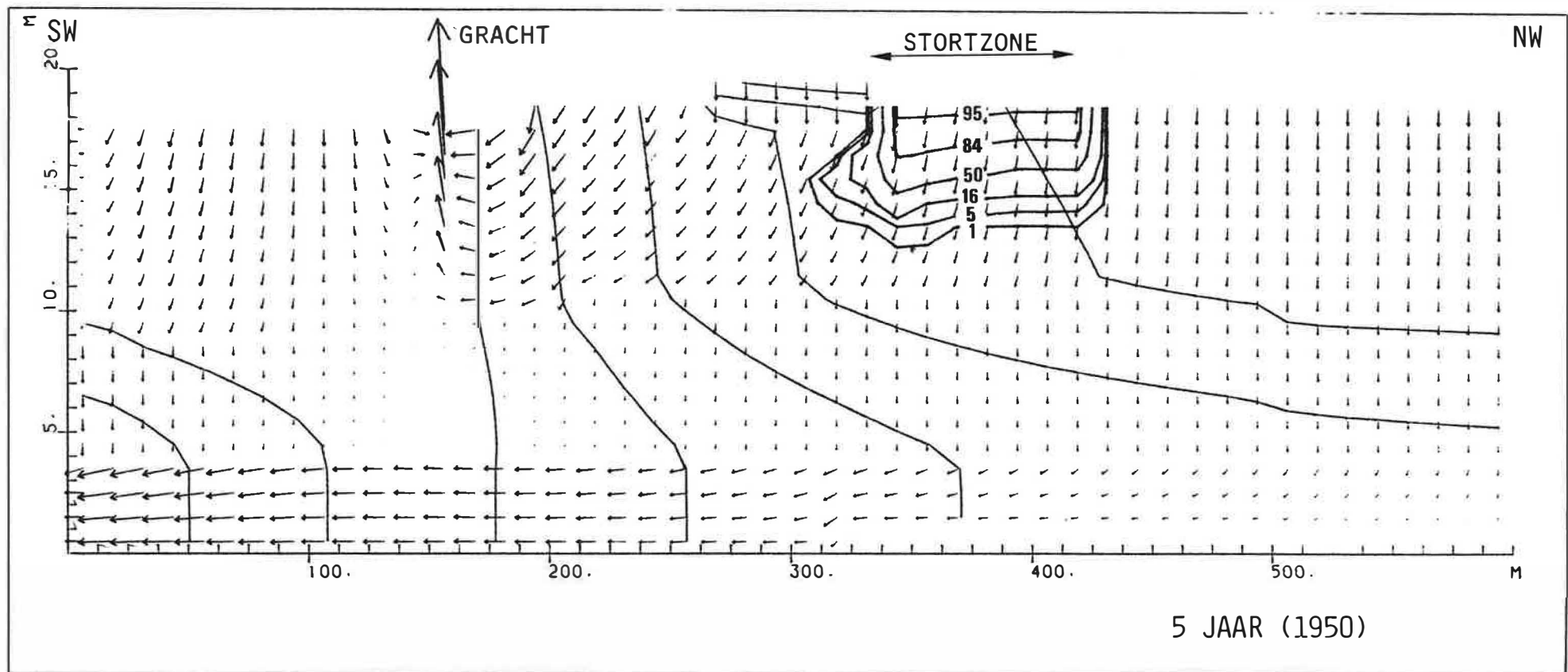
PLAAT 1 : (vervolg)



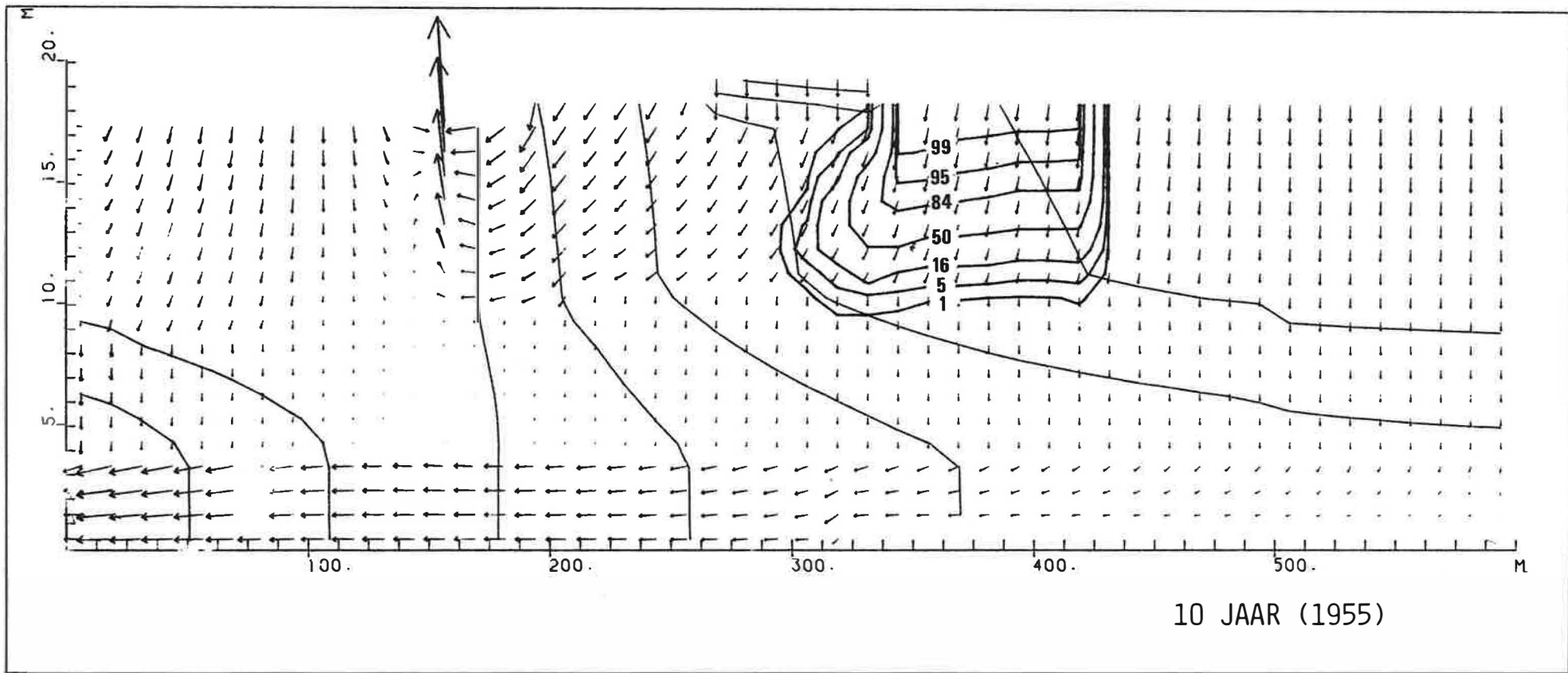
PLAAT 1 : (vervolg)



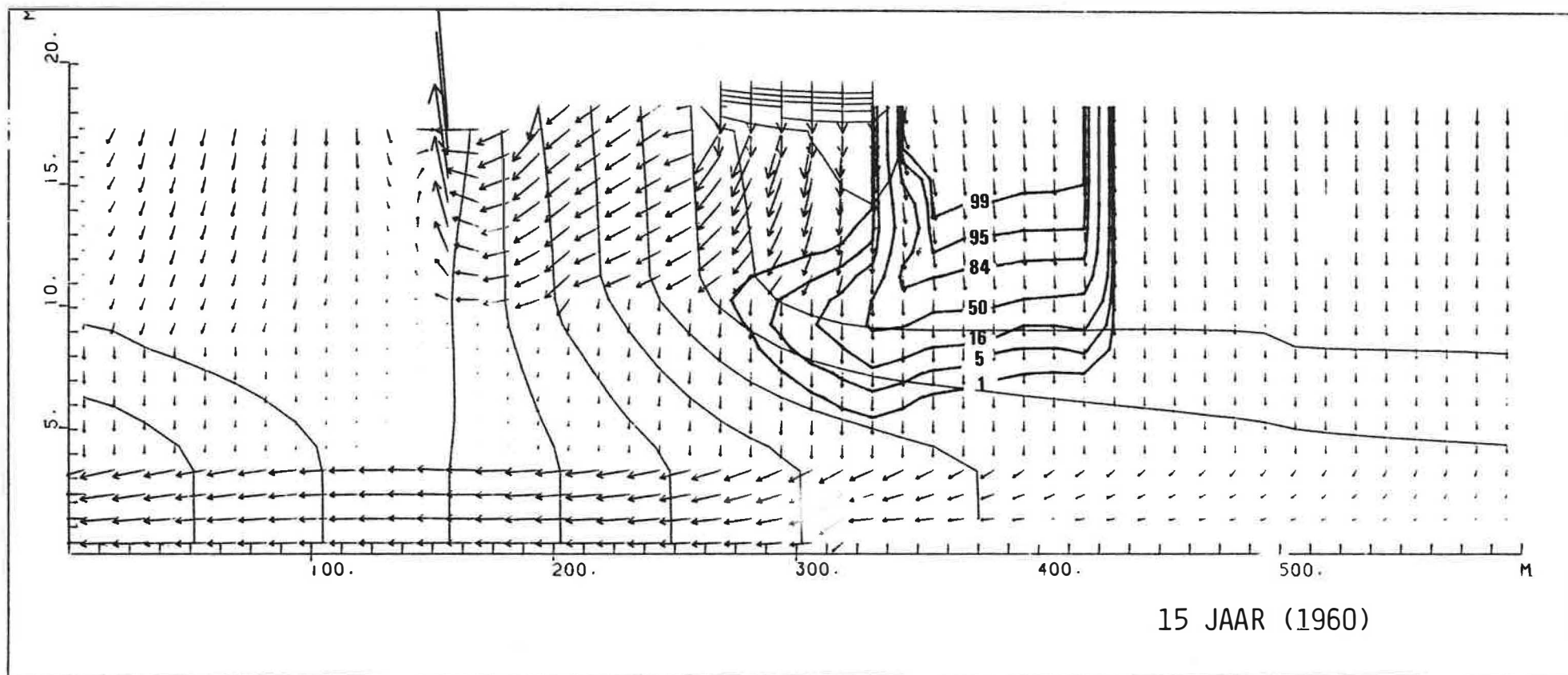
PLAAT 1 : (vervolg)



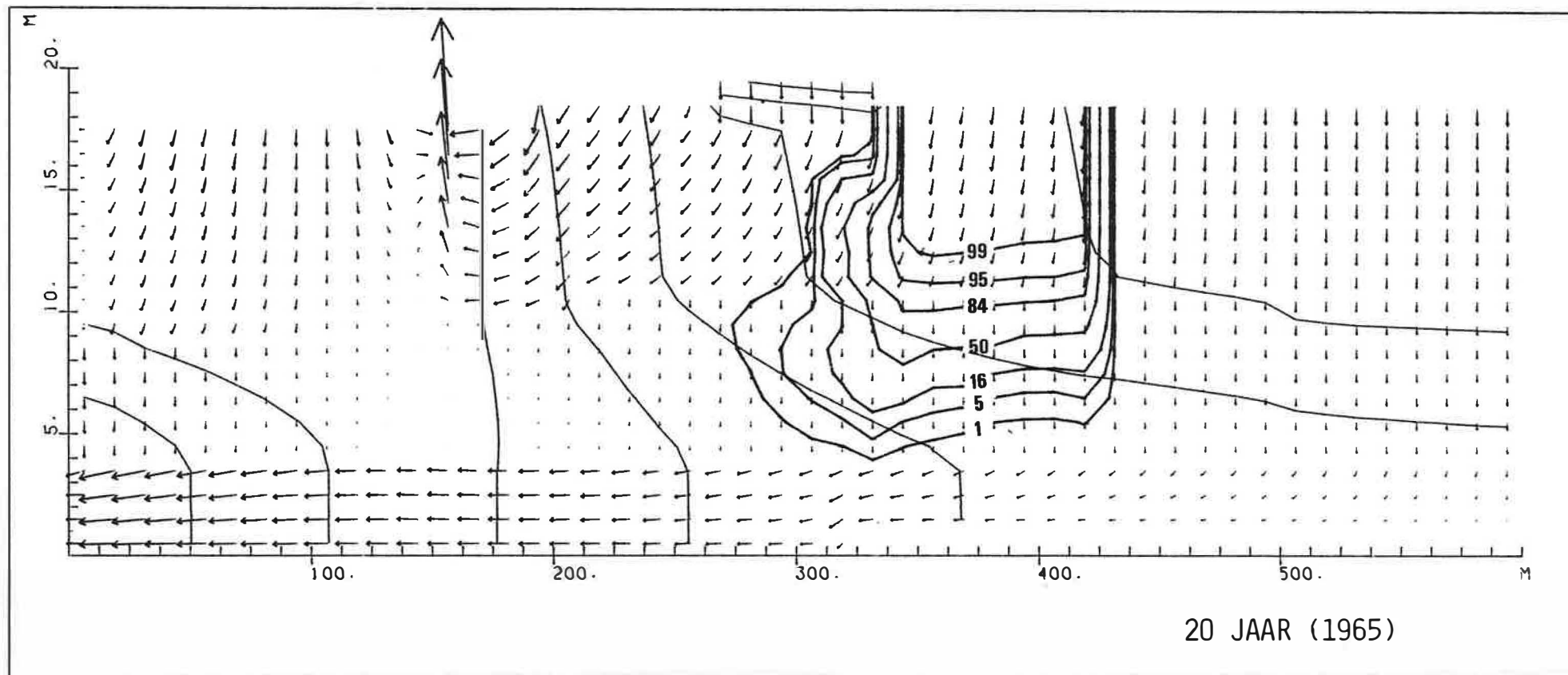
PLAAT 2 : Vertikaal model : stortzone 2



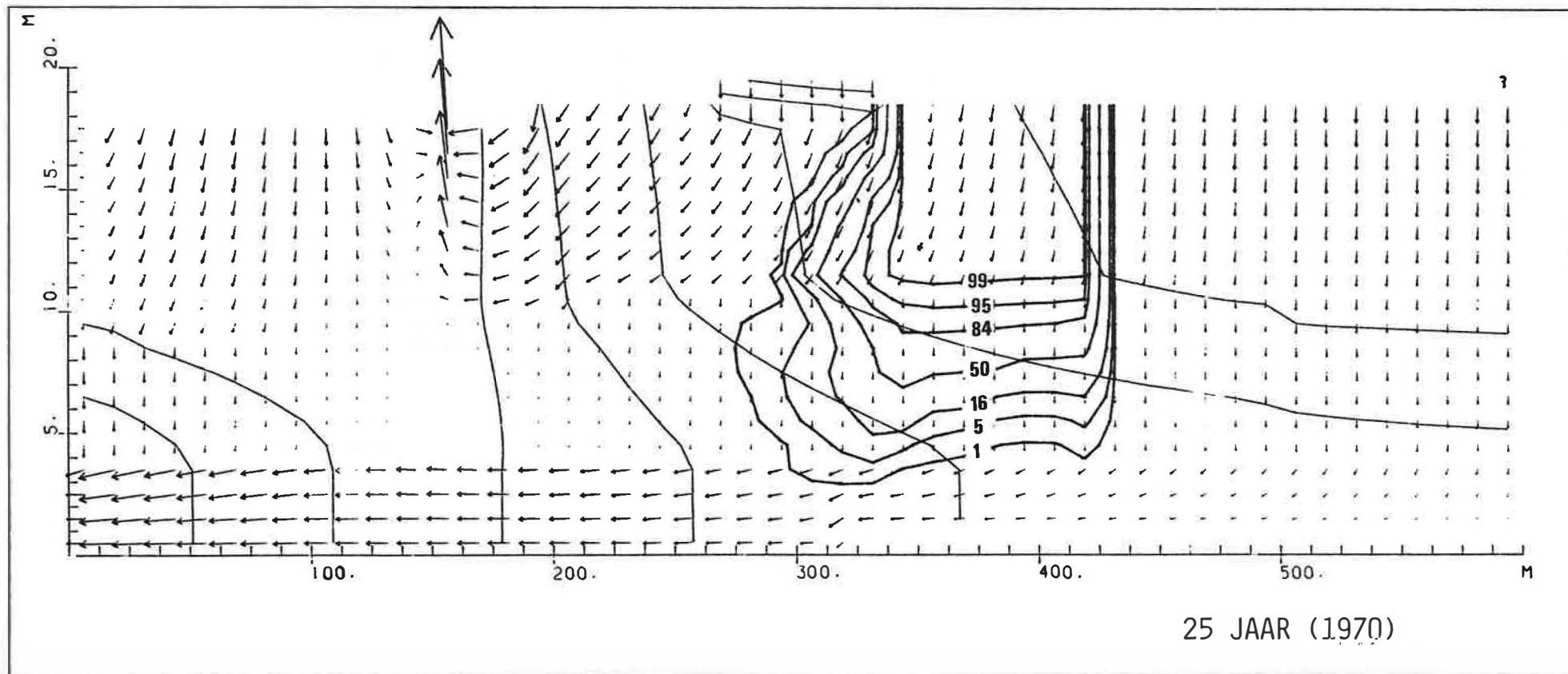
PLAAT 2 : (vervolg)



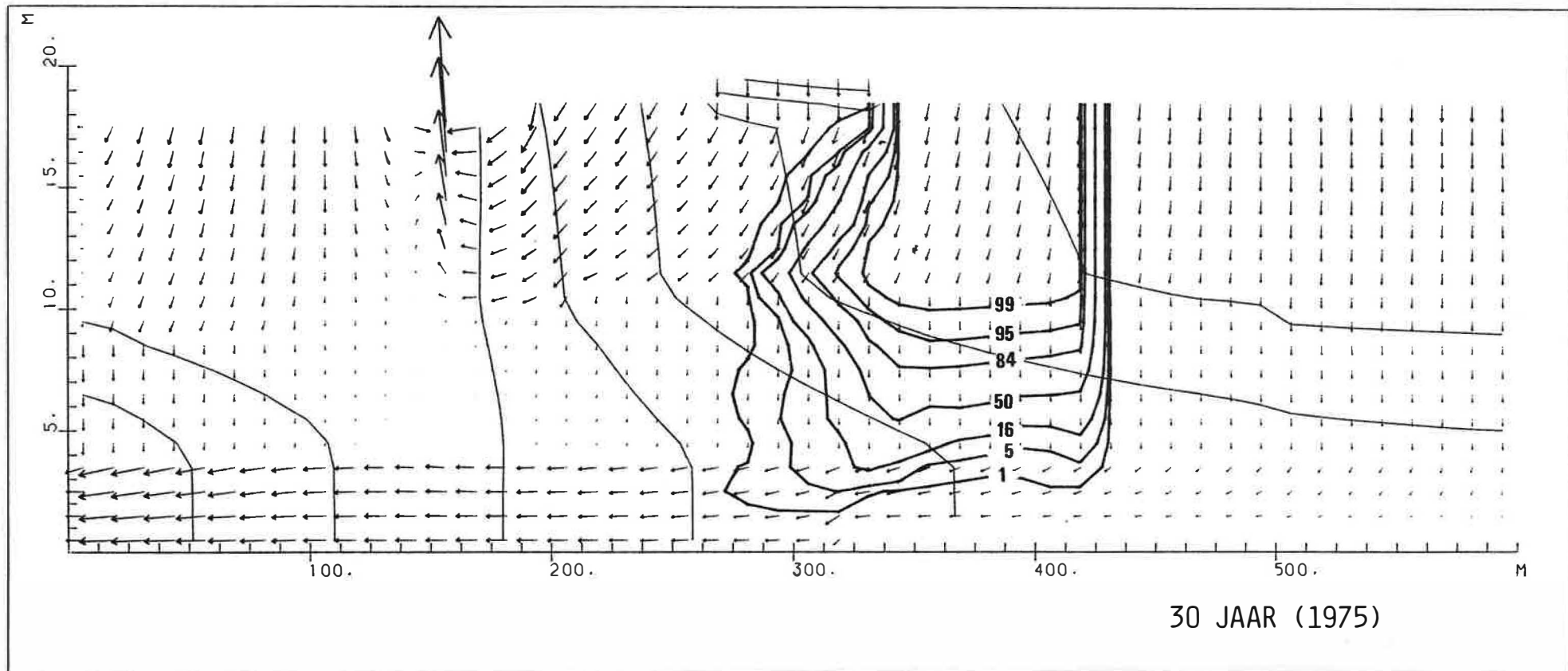
PLAAT 2 : (vervolg)



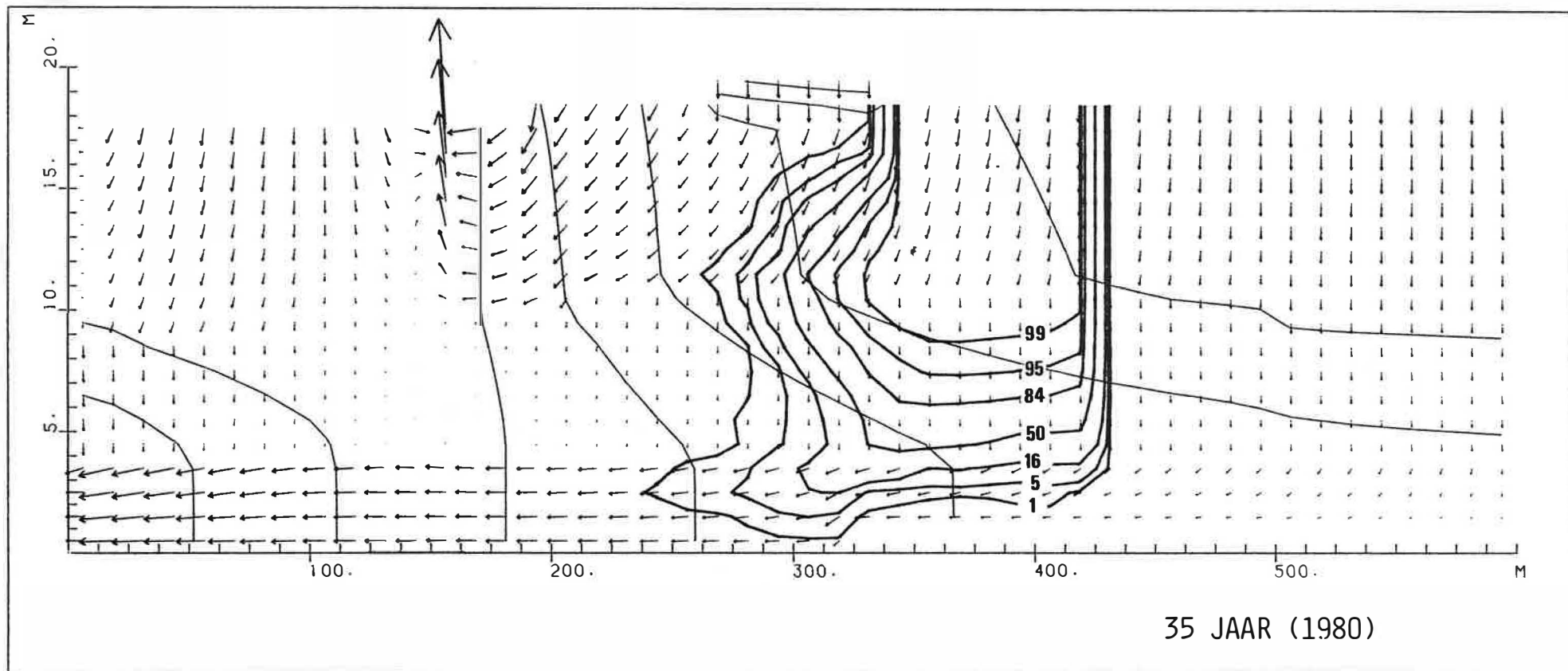
PLAAT 2 : (vervolg)



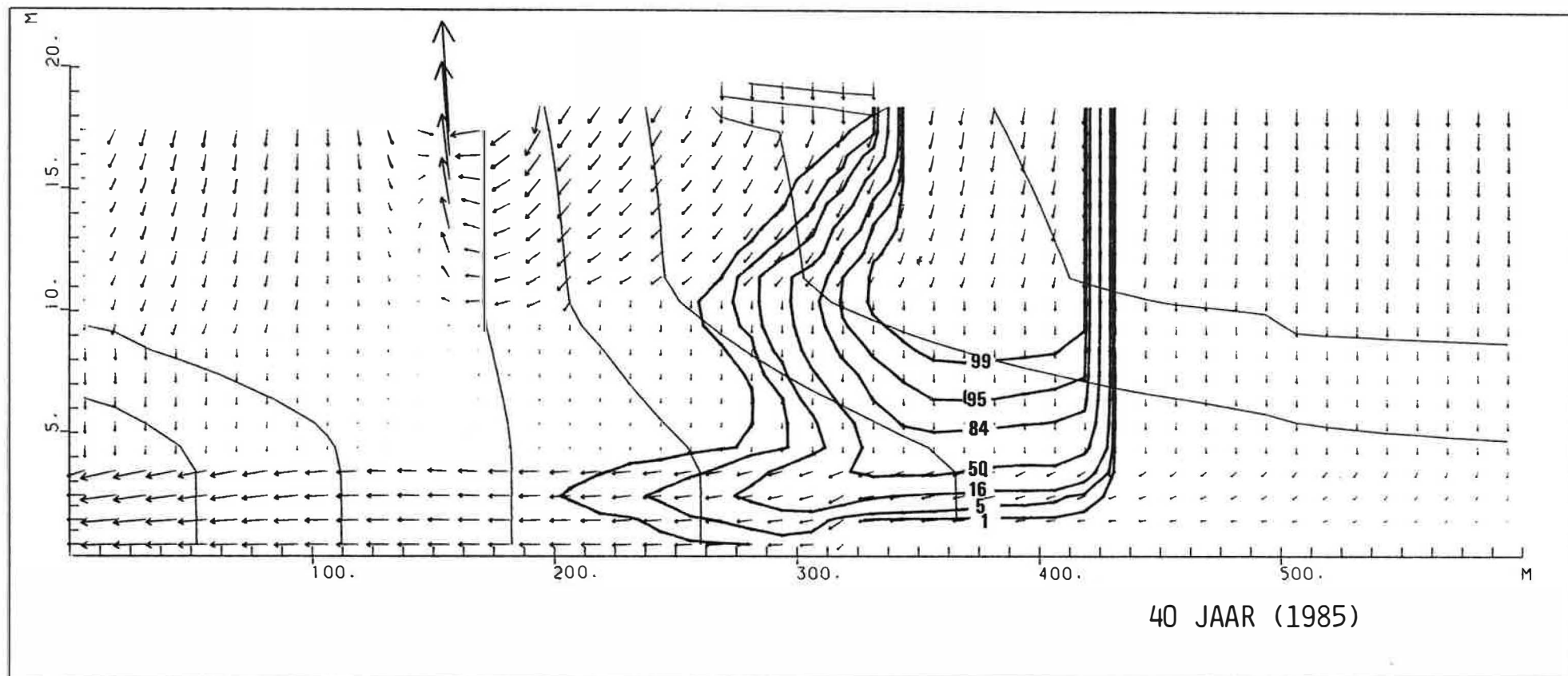
PLAAT 2 : (vervolg)



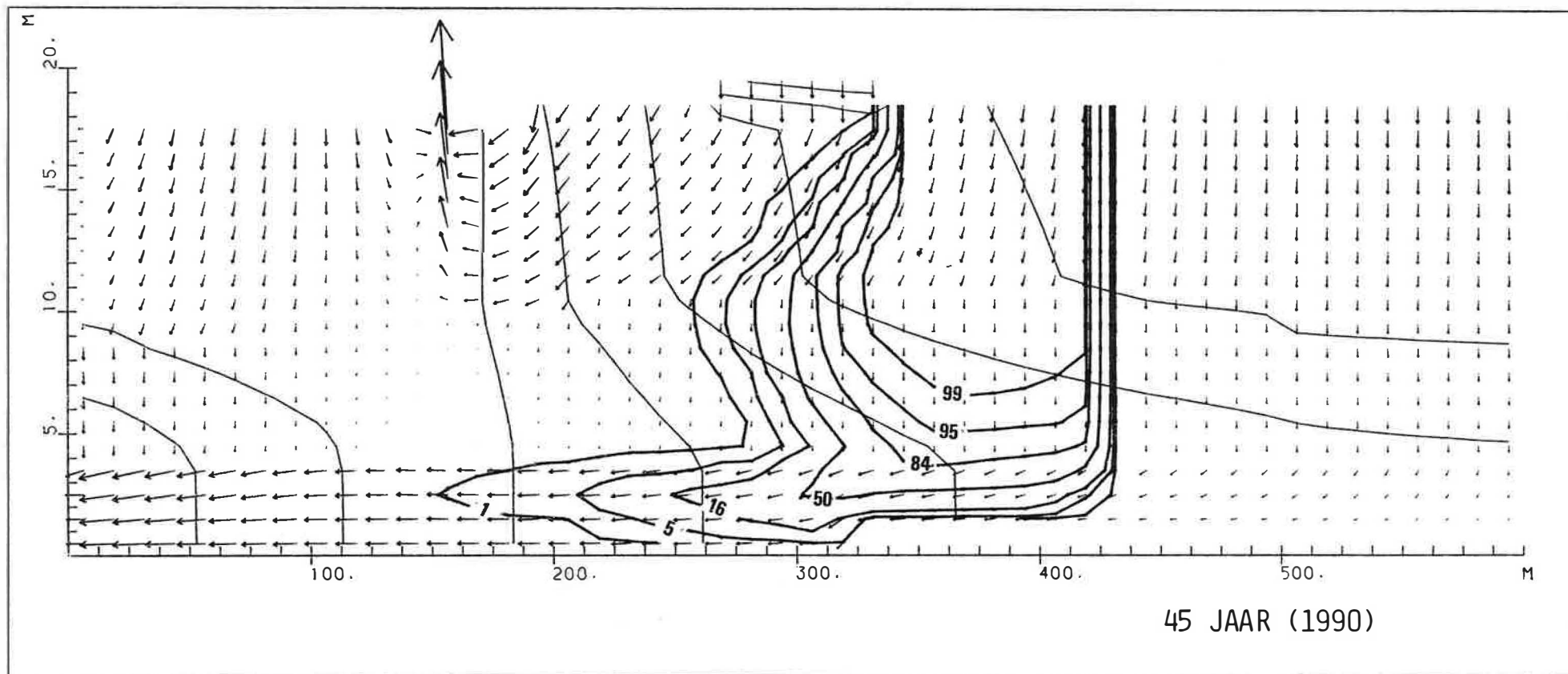
PLAAT 2 : (vervolg)



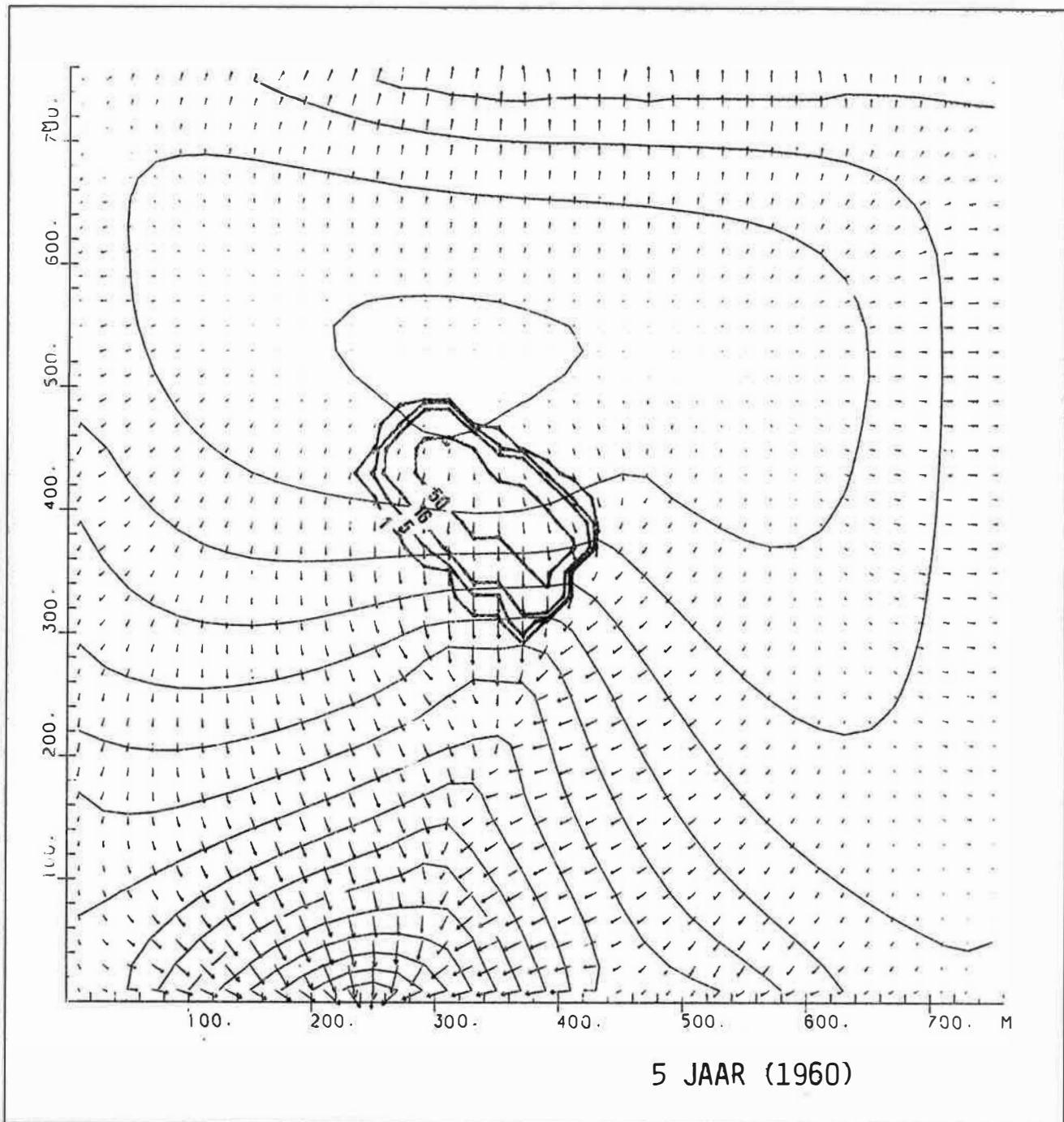
PLAAT 2 : (vervolg)



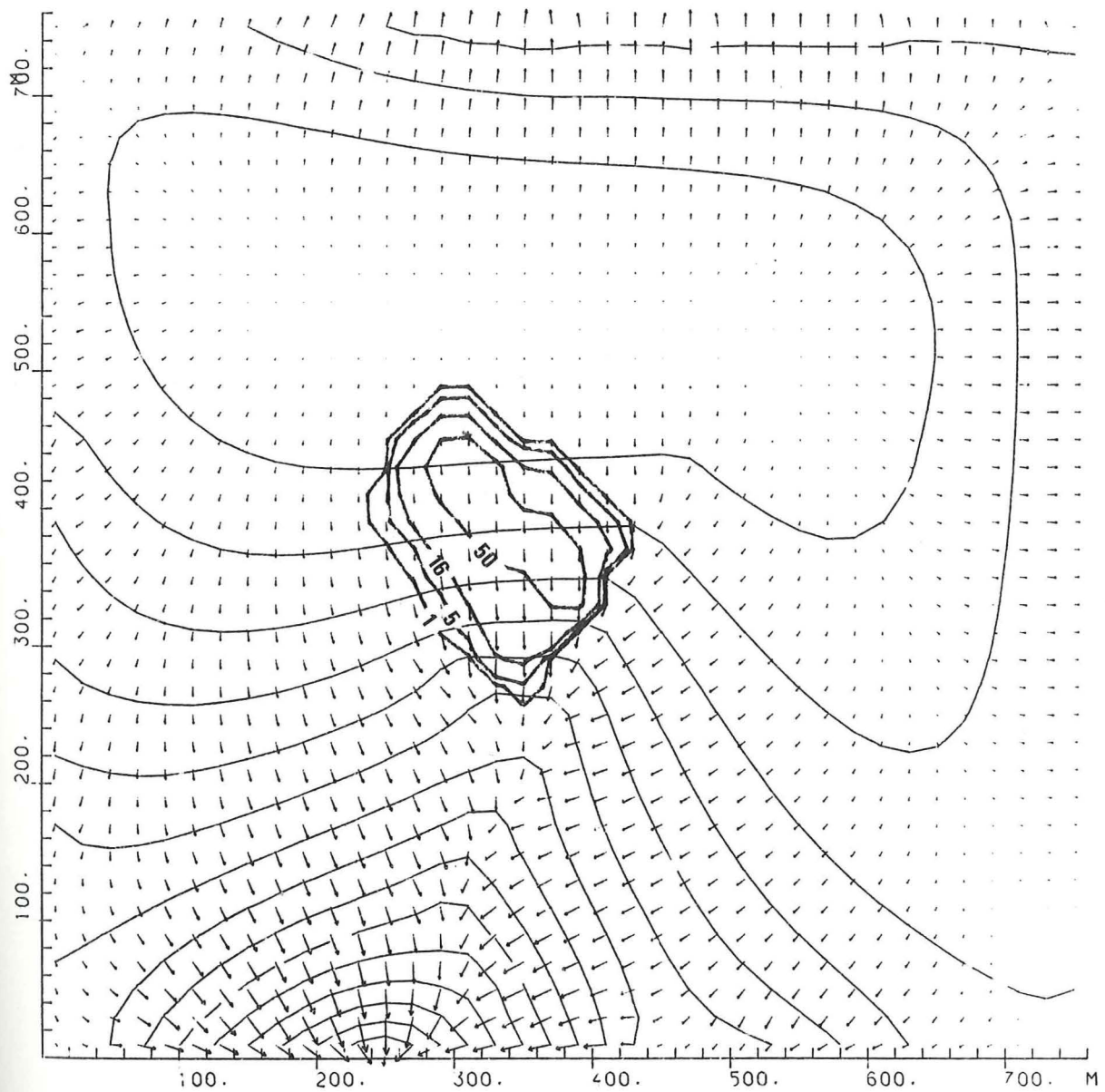
PLAAT 2 : (vervolg)



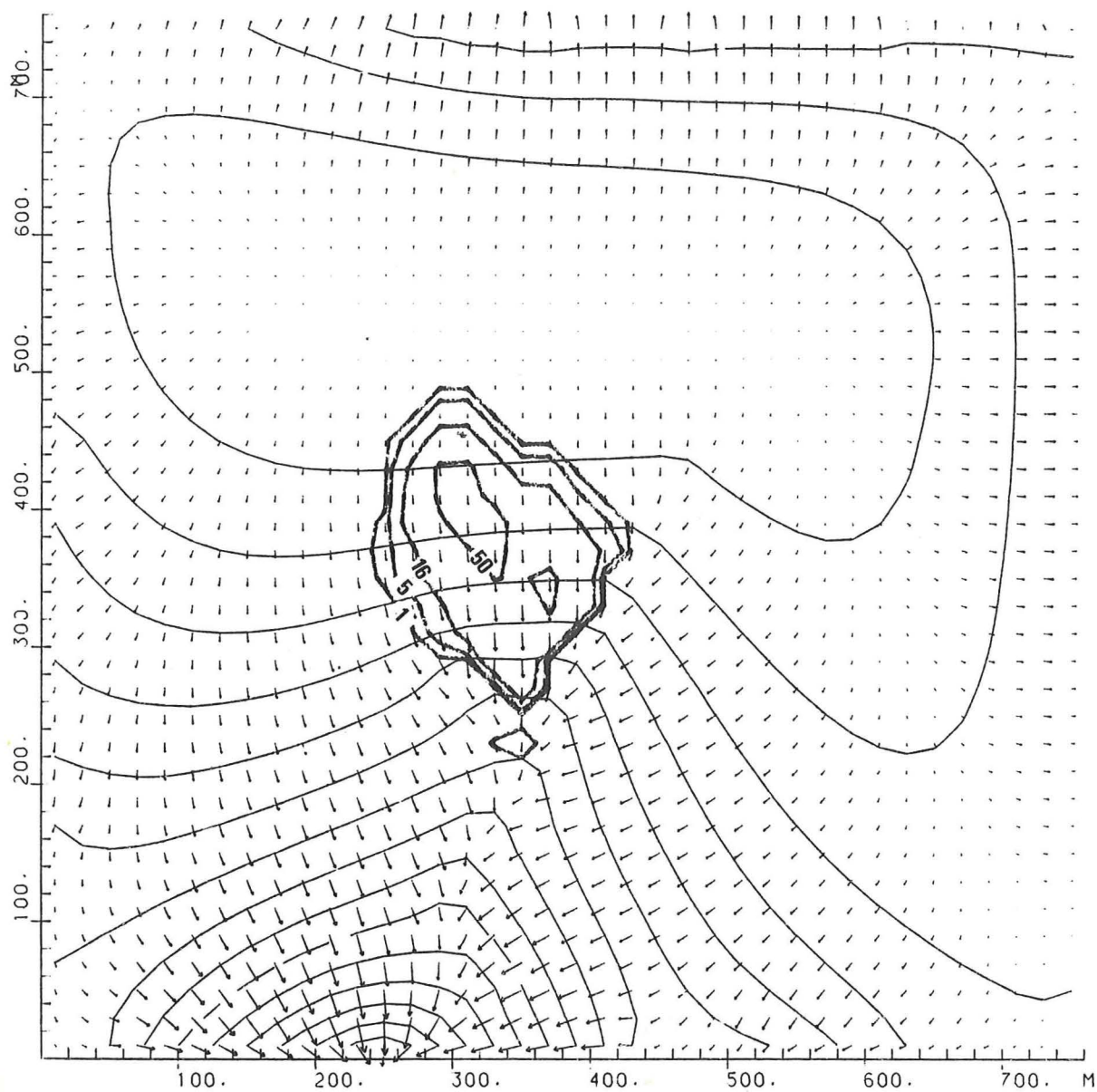
PLAAT 2 : (vervolg)



PLAAT 3 : Horizontaal model:stortzone 3

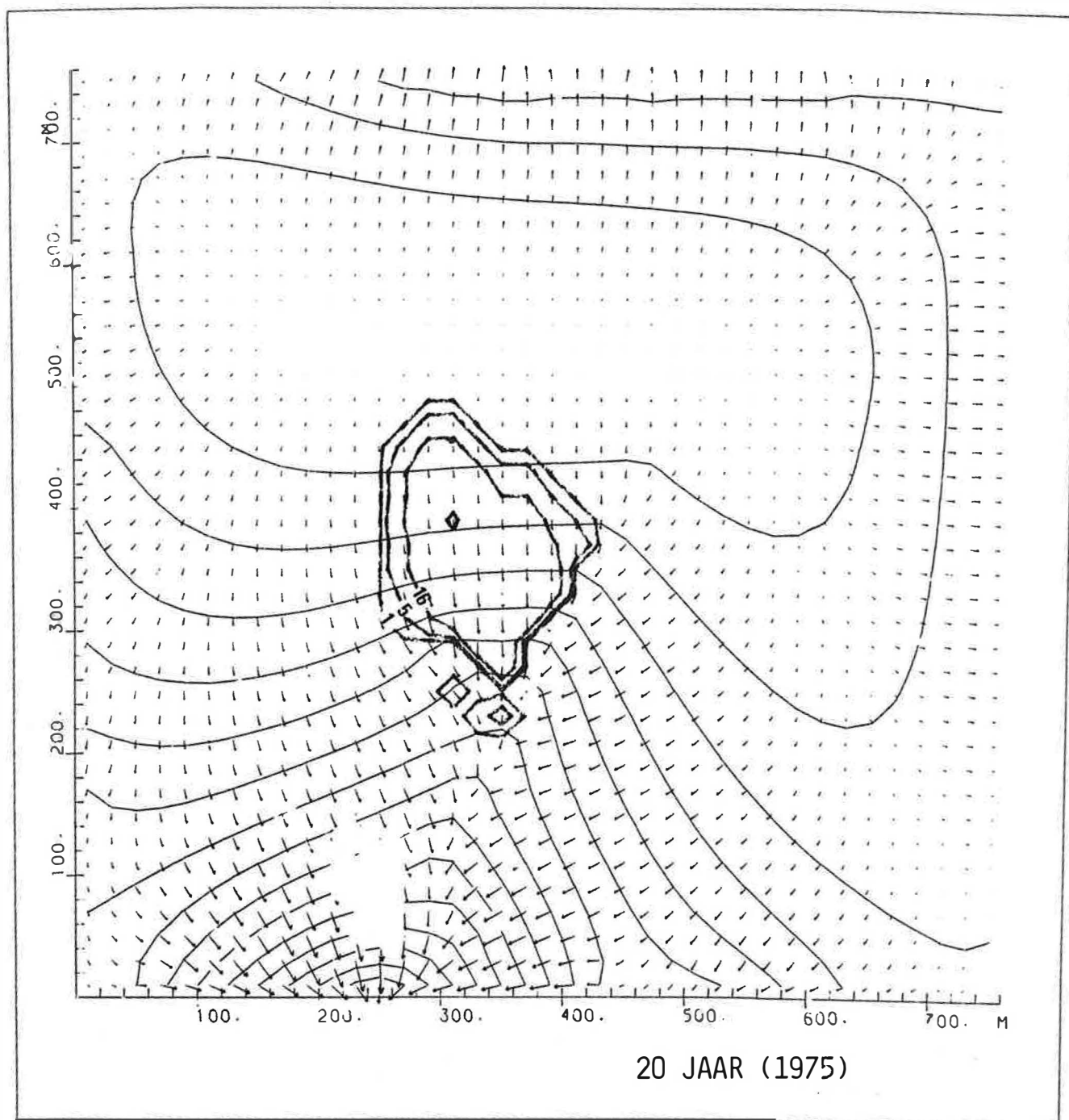


10 JAAR (1965)

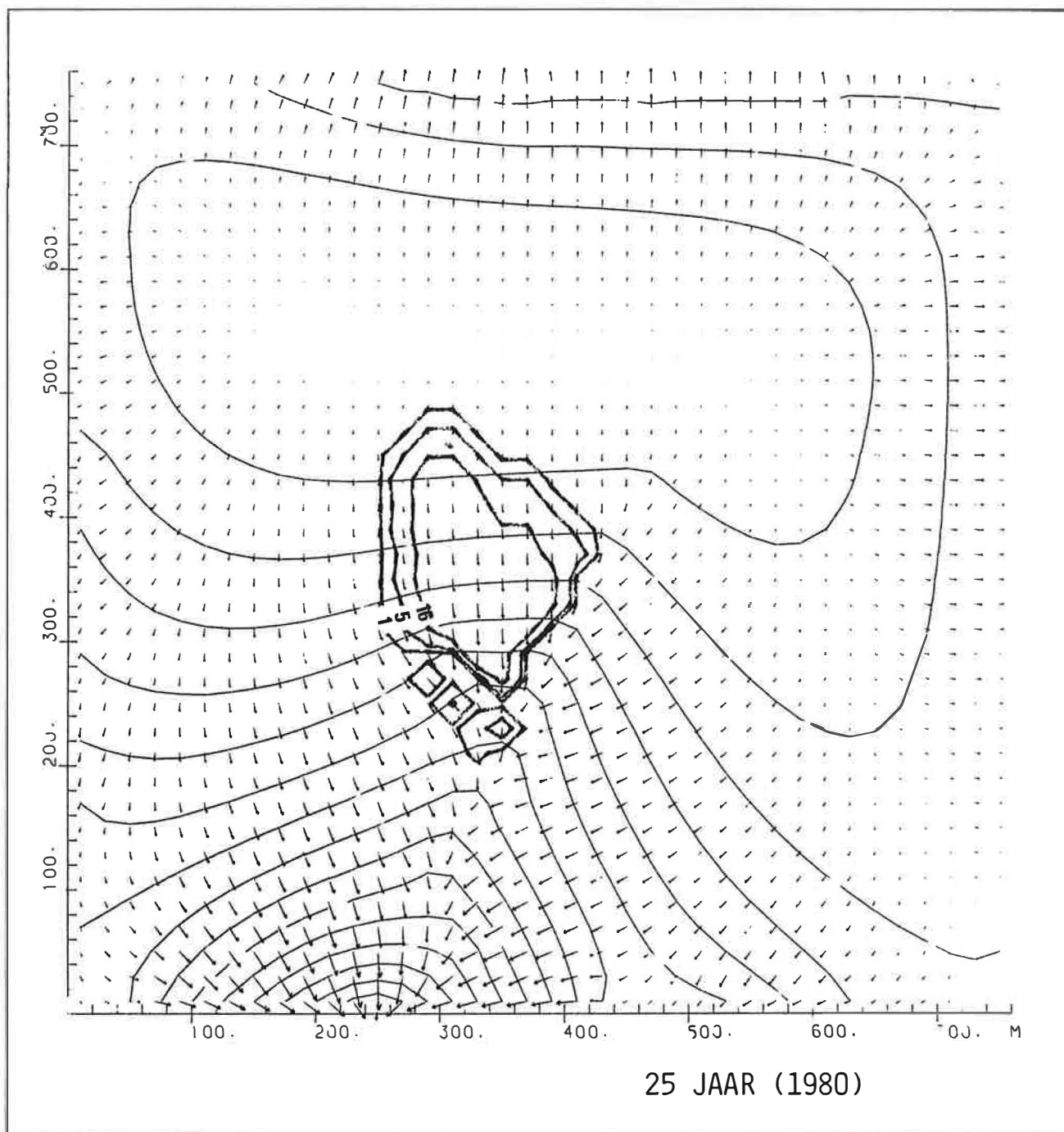


15 JAAR (1970)

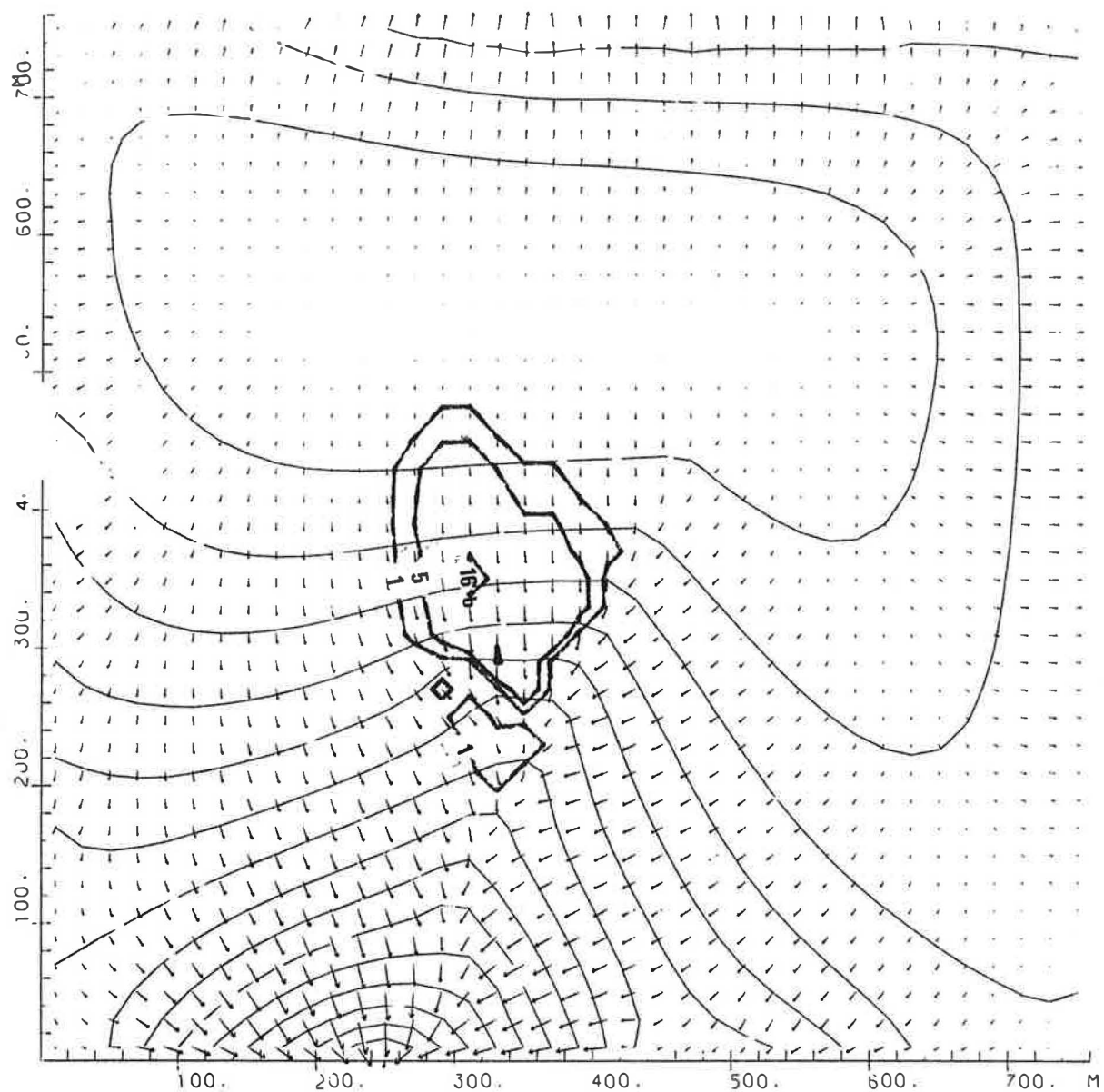
PLAAT 3 : (vervolg)



PLAAT 3 : (vervolg)

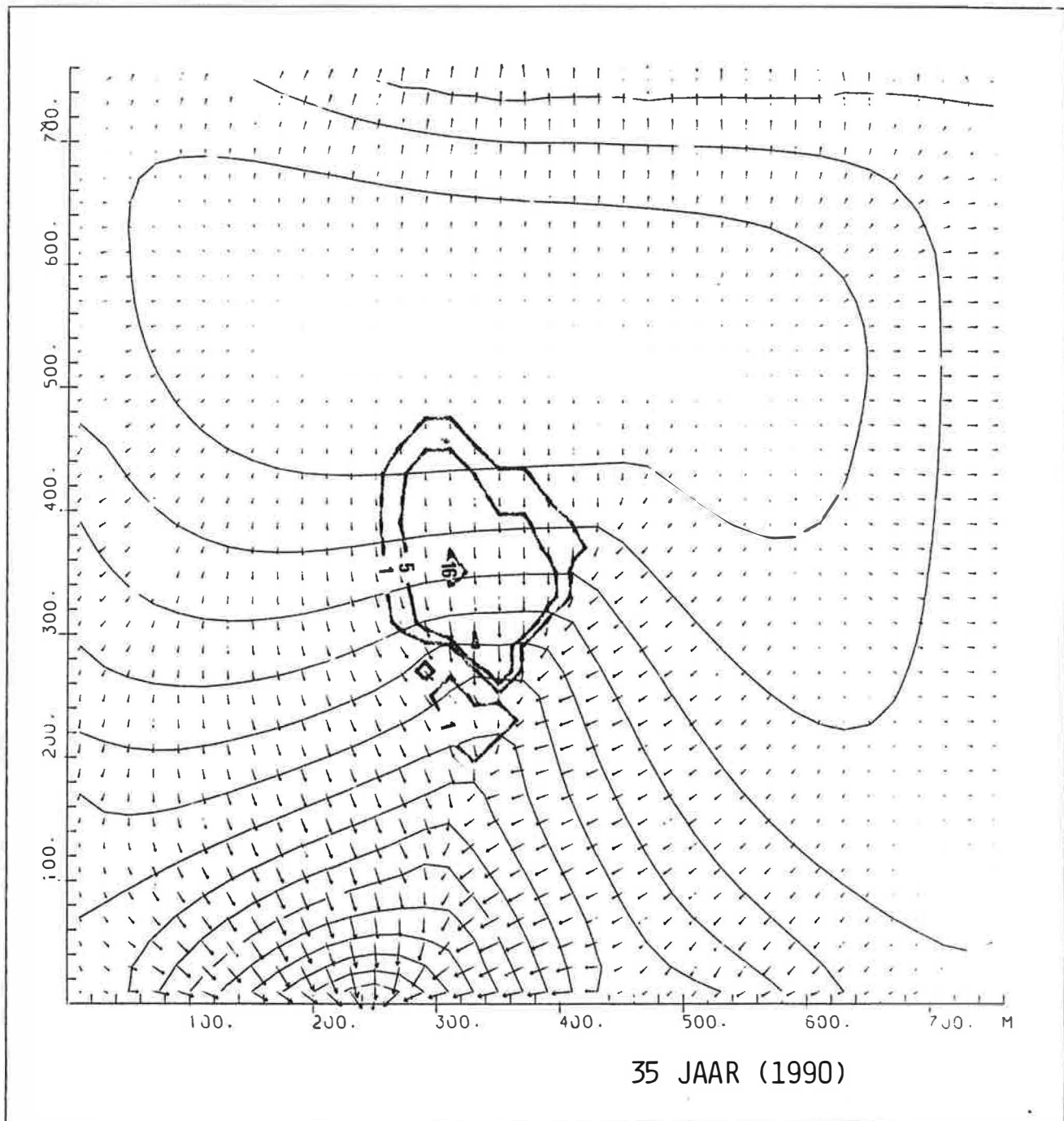


PLAAT 3 : (vervolg)

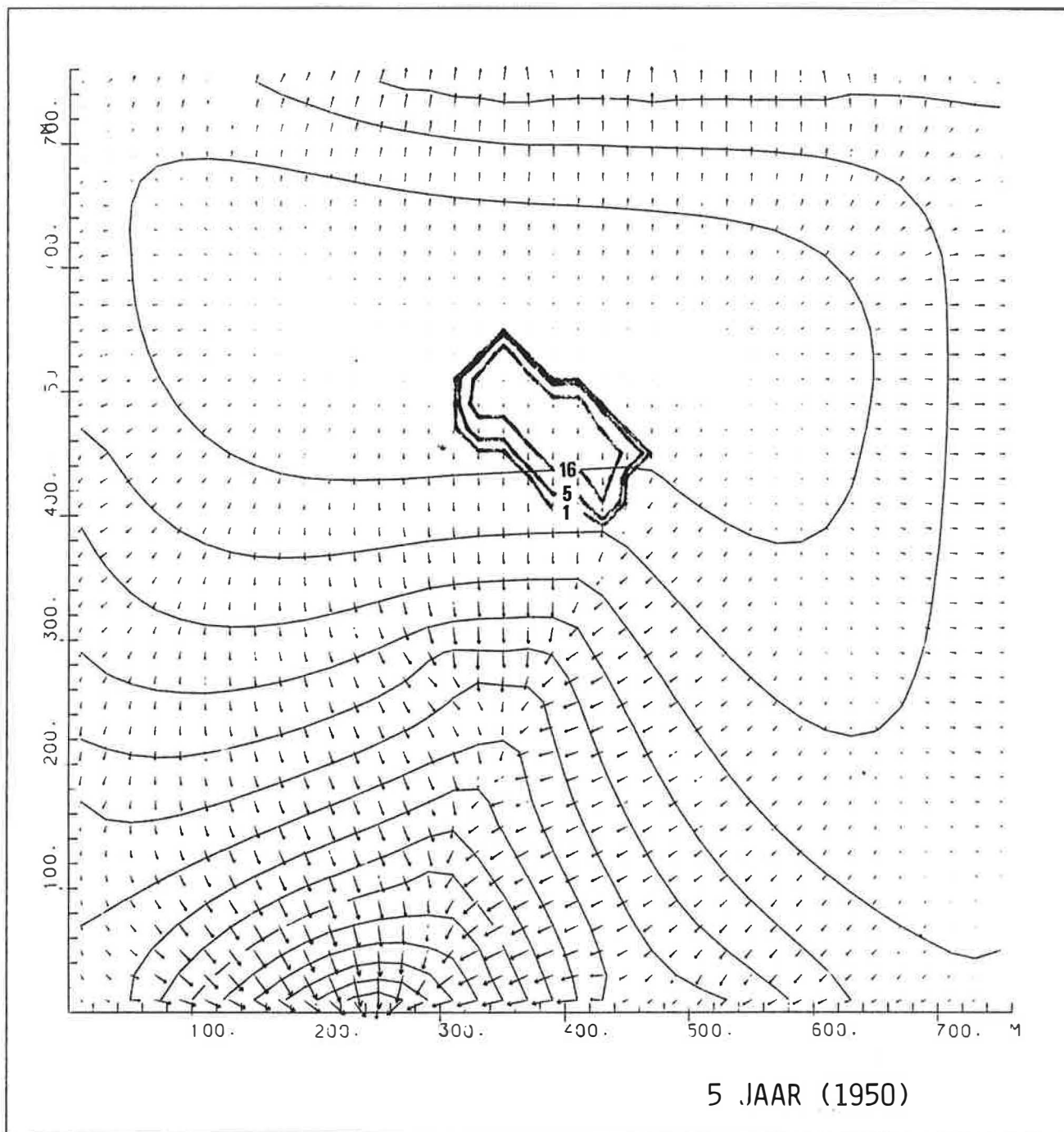


30 JAAR (1985)

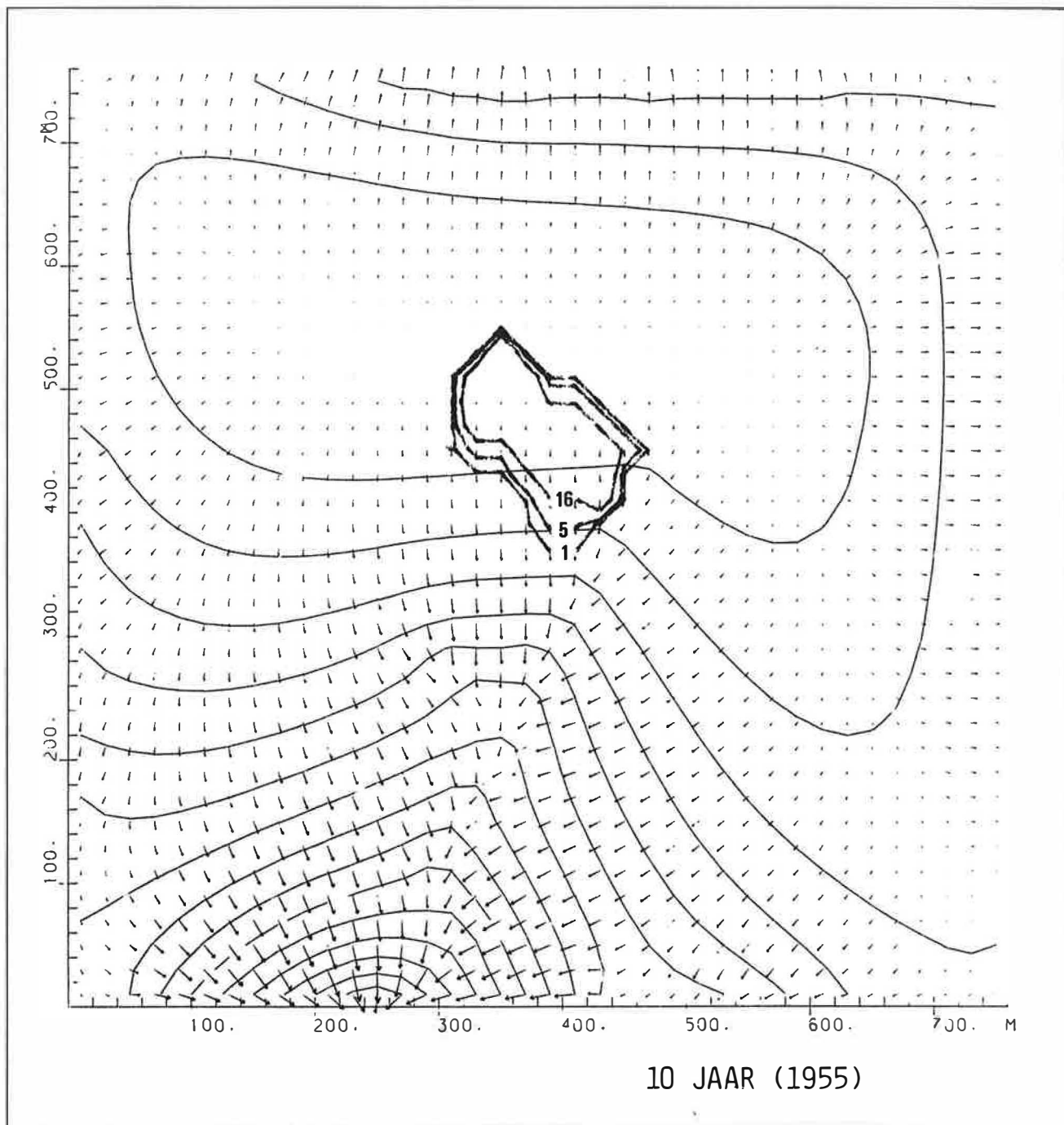
PLAAT 3 : (vervolg)



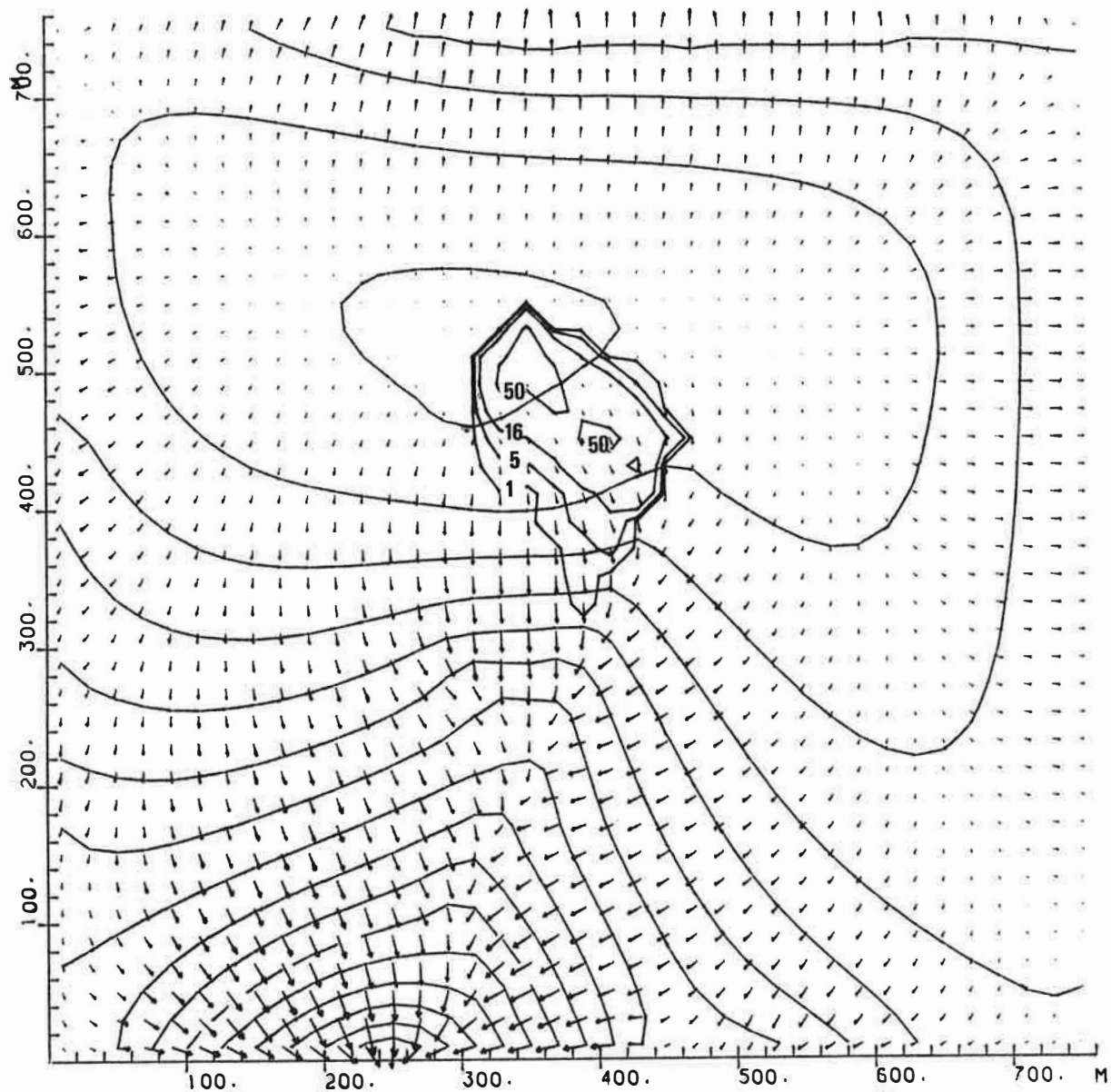
PLAAT 3 : (vervolg)



PLAAT 4 : Horizontaal model:stortzone 2

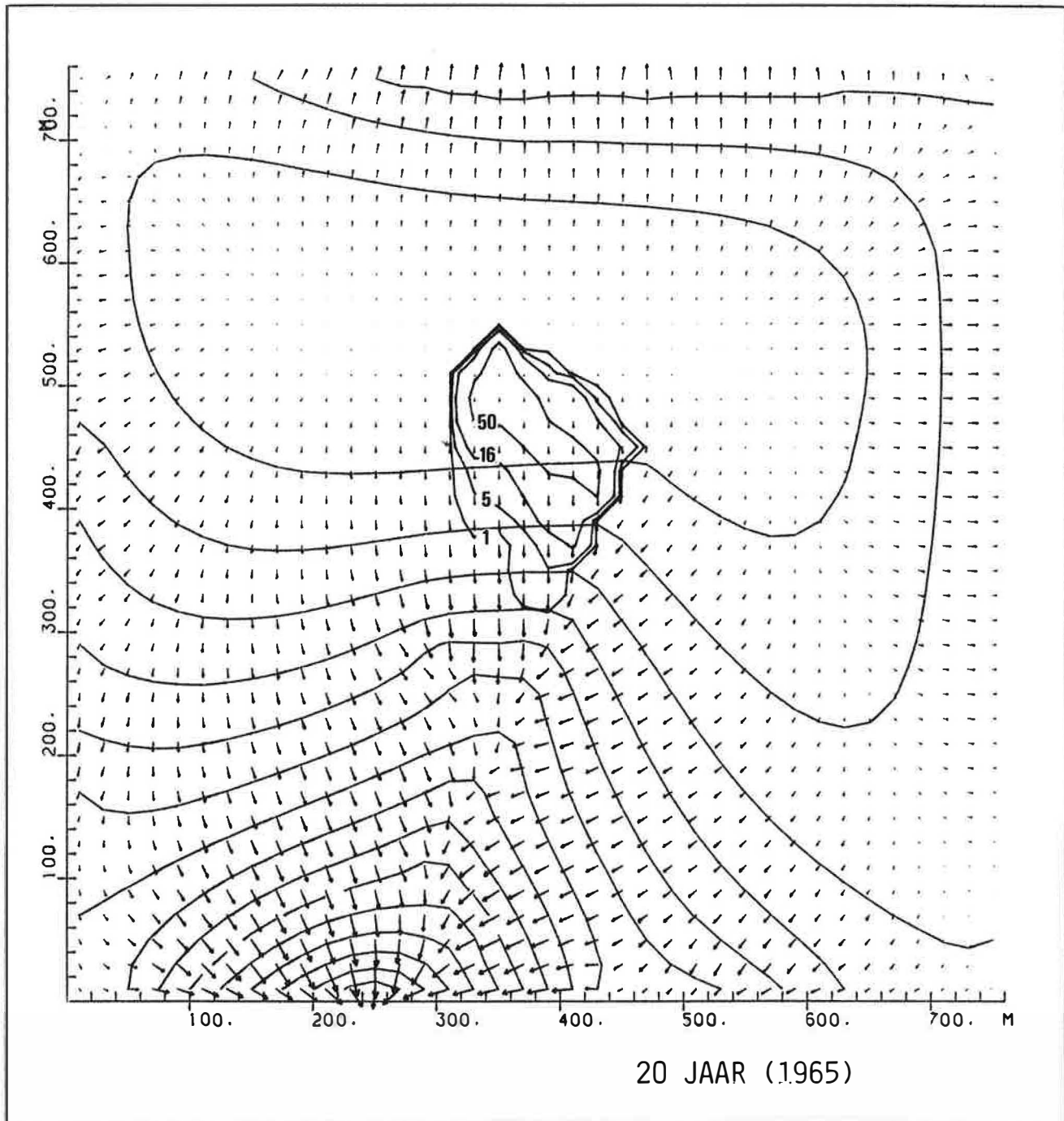


PLAAT 4 : (vervolg)

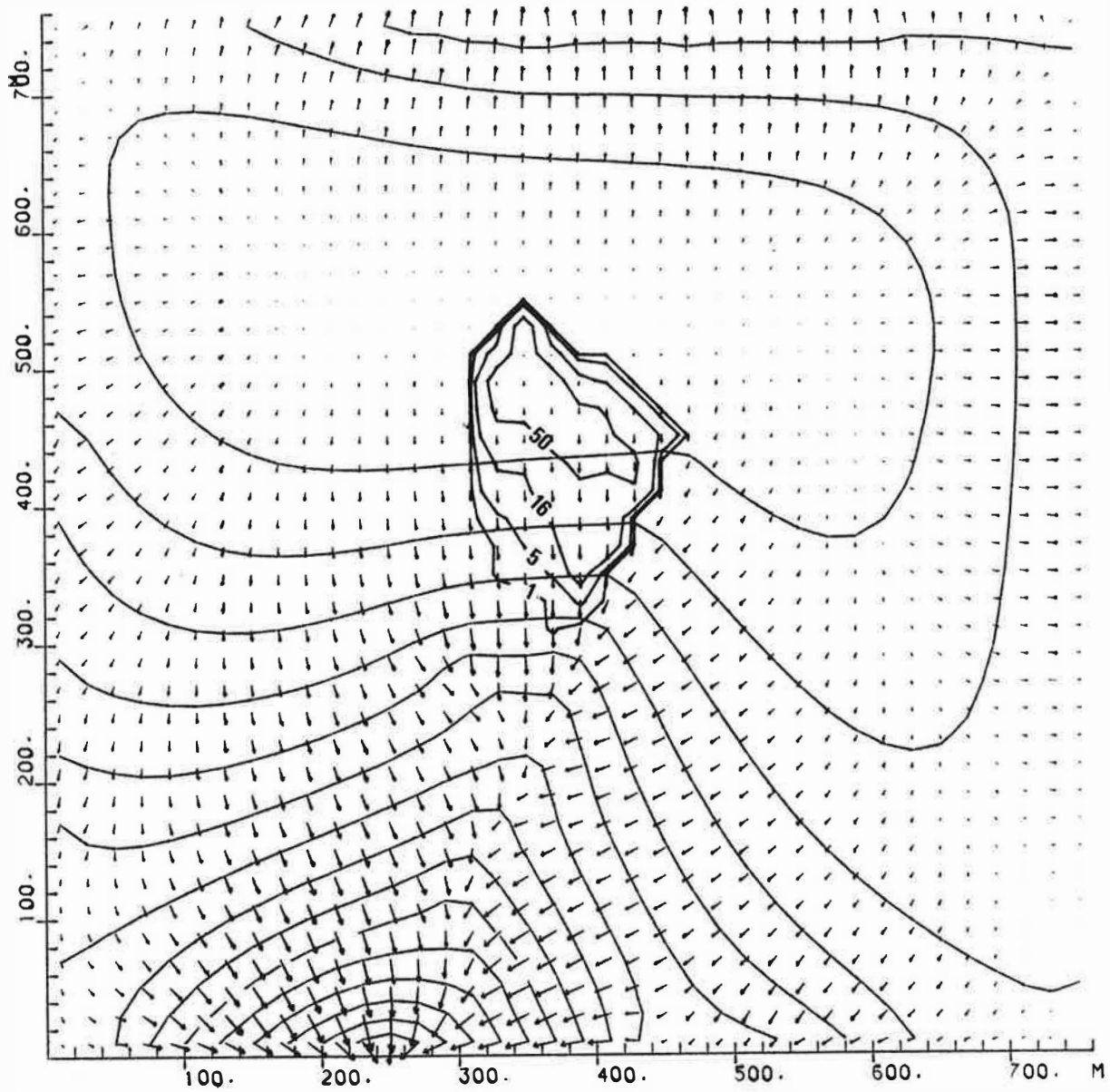


15 JAAR (1960)

PLAAT 4 : (vervolg)

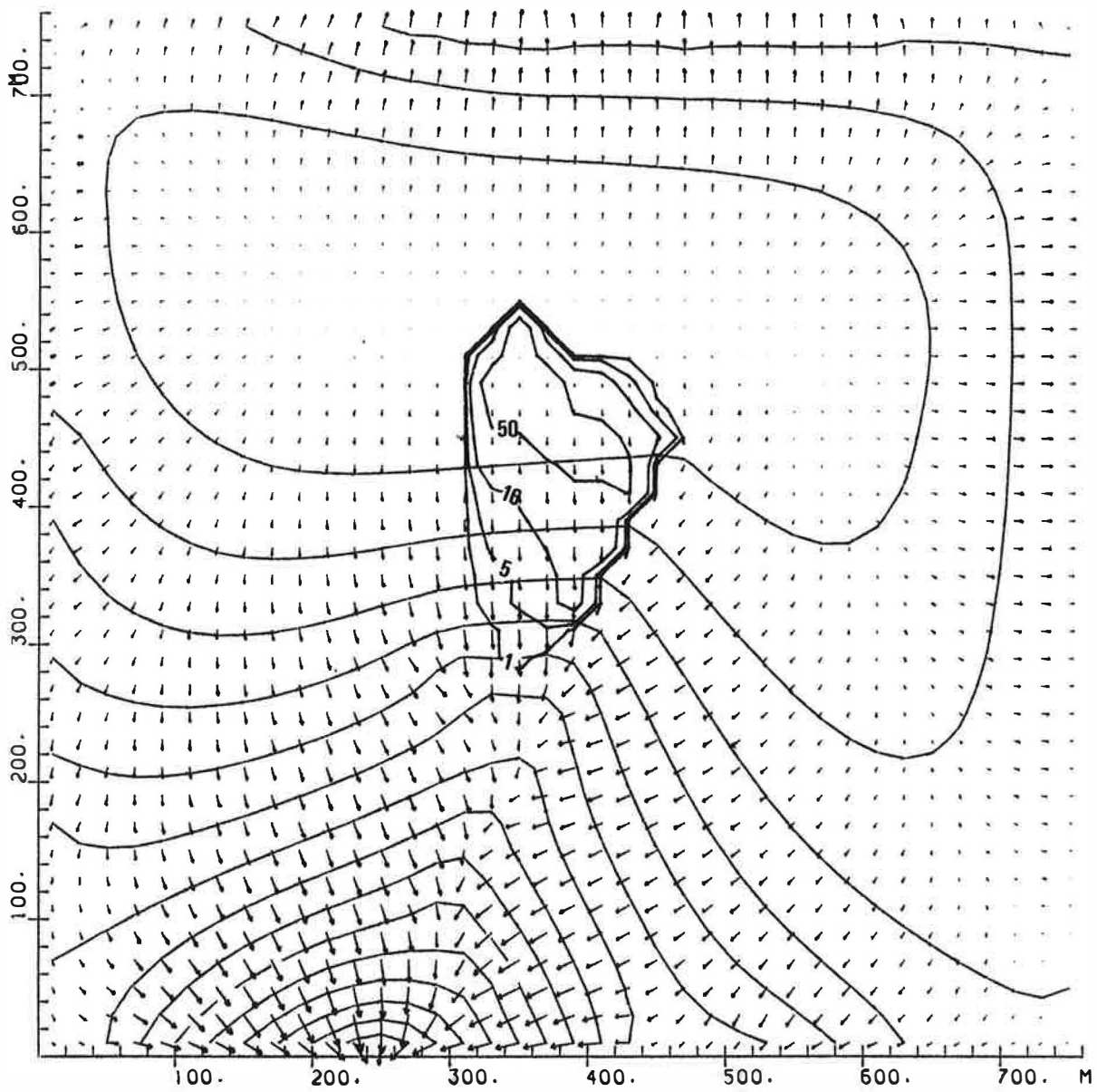


PLAAT 4 : (vervolg)



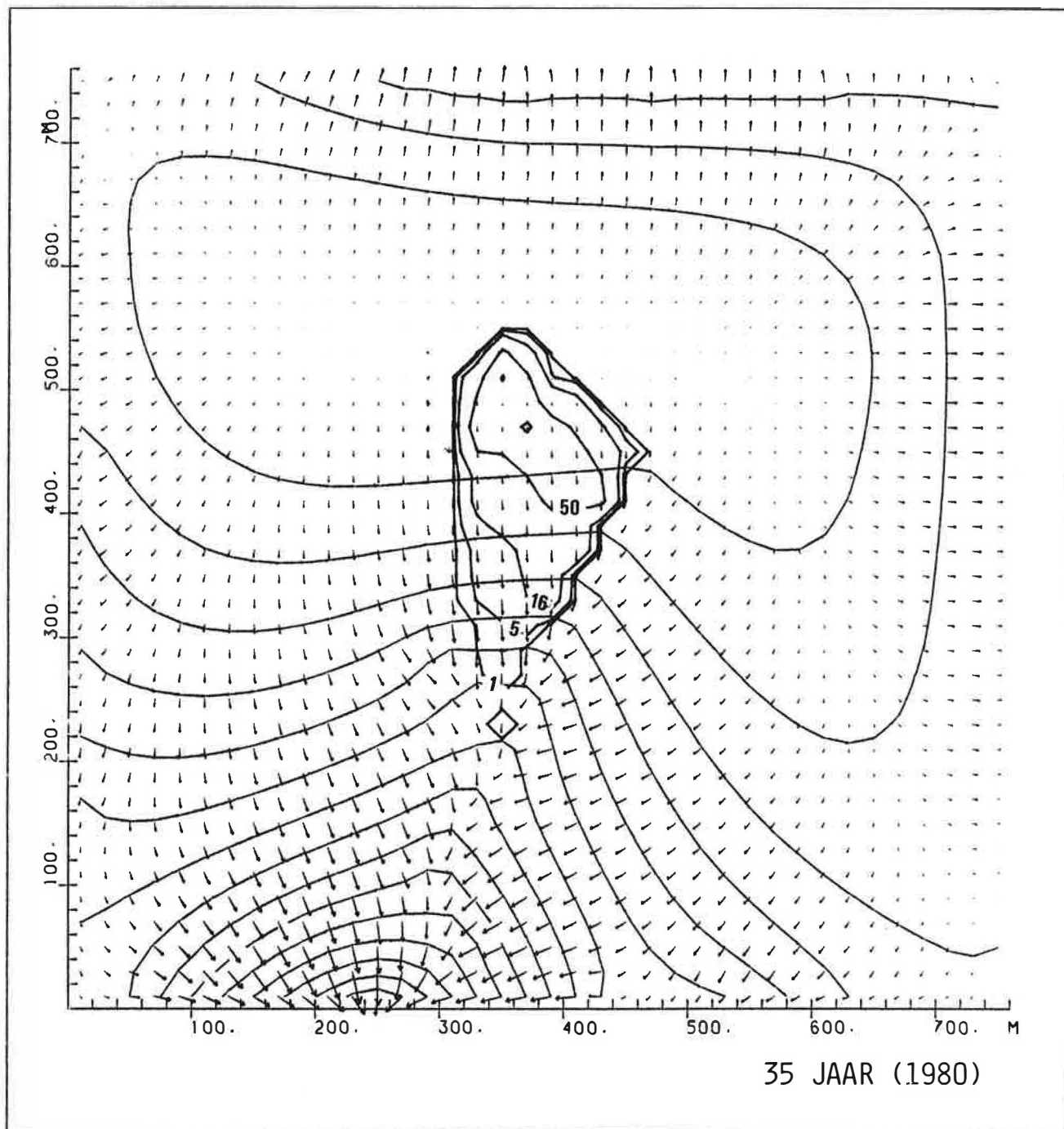
25 JAAR (1970)

PLAAT 4 : (vervolg)

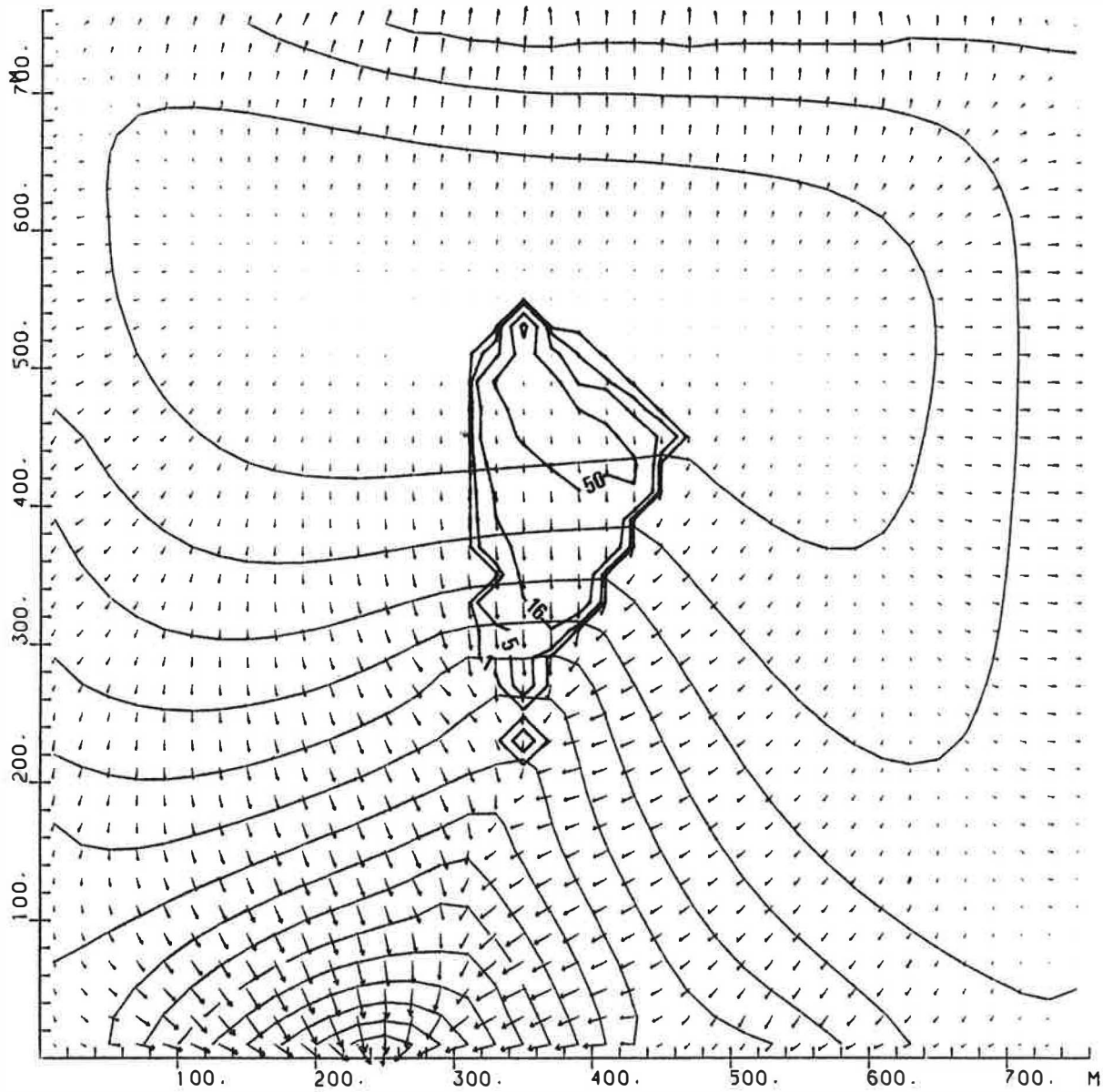


30 JAAR (1975)

PLAAT 4 : (vervolg)

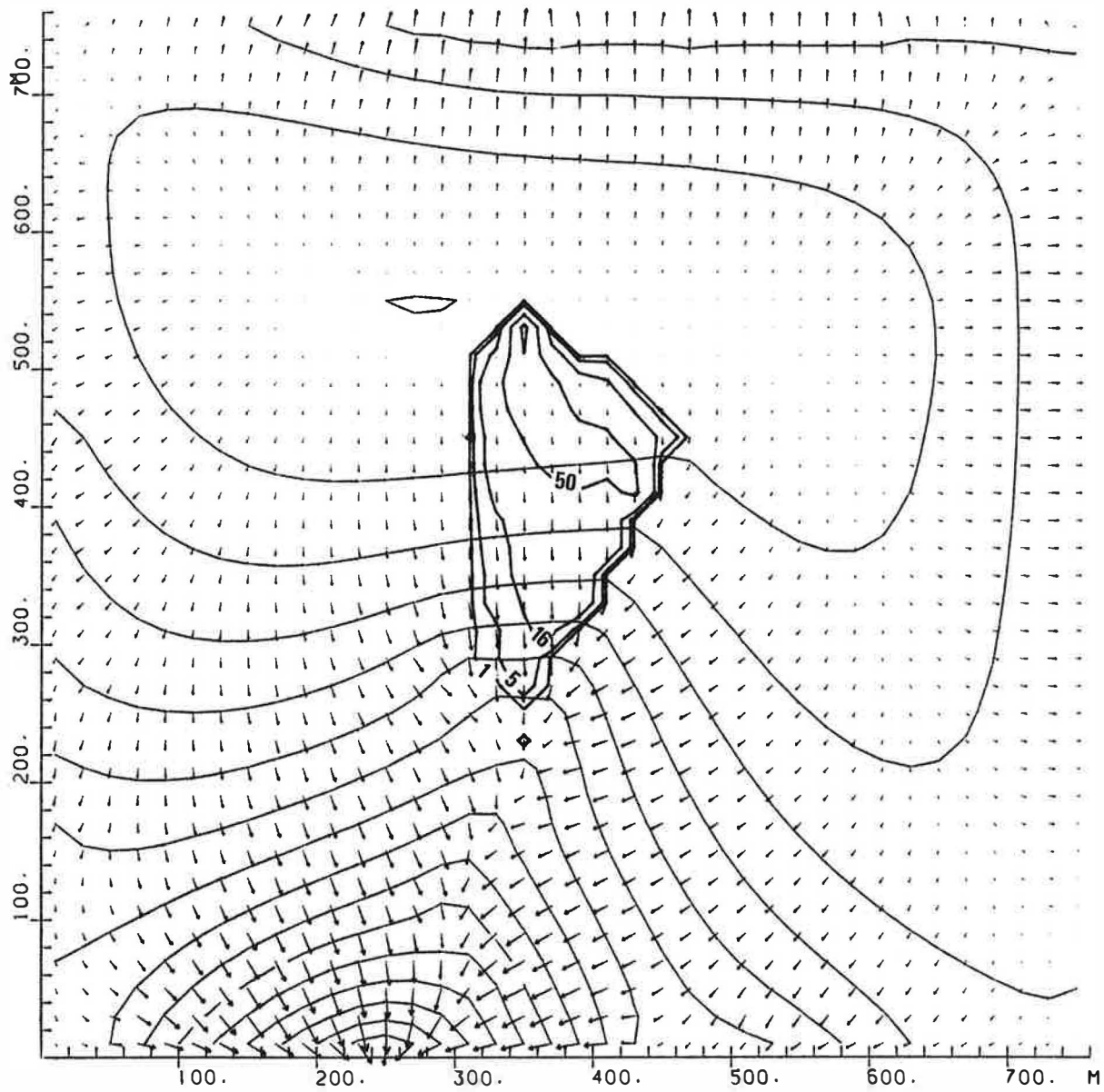


PLAAT 4 : (vervolg)



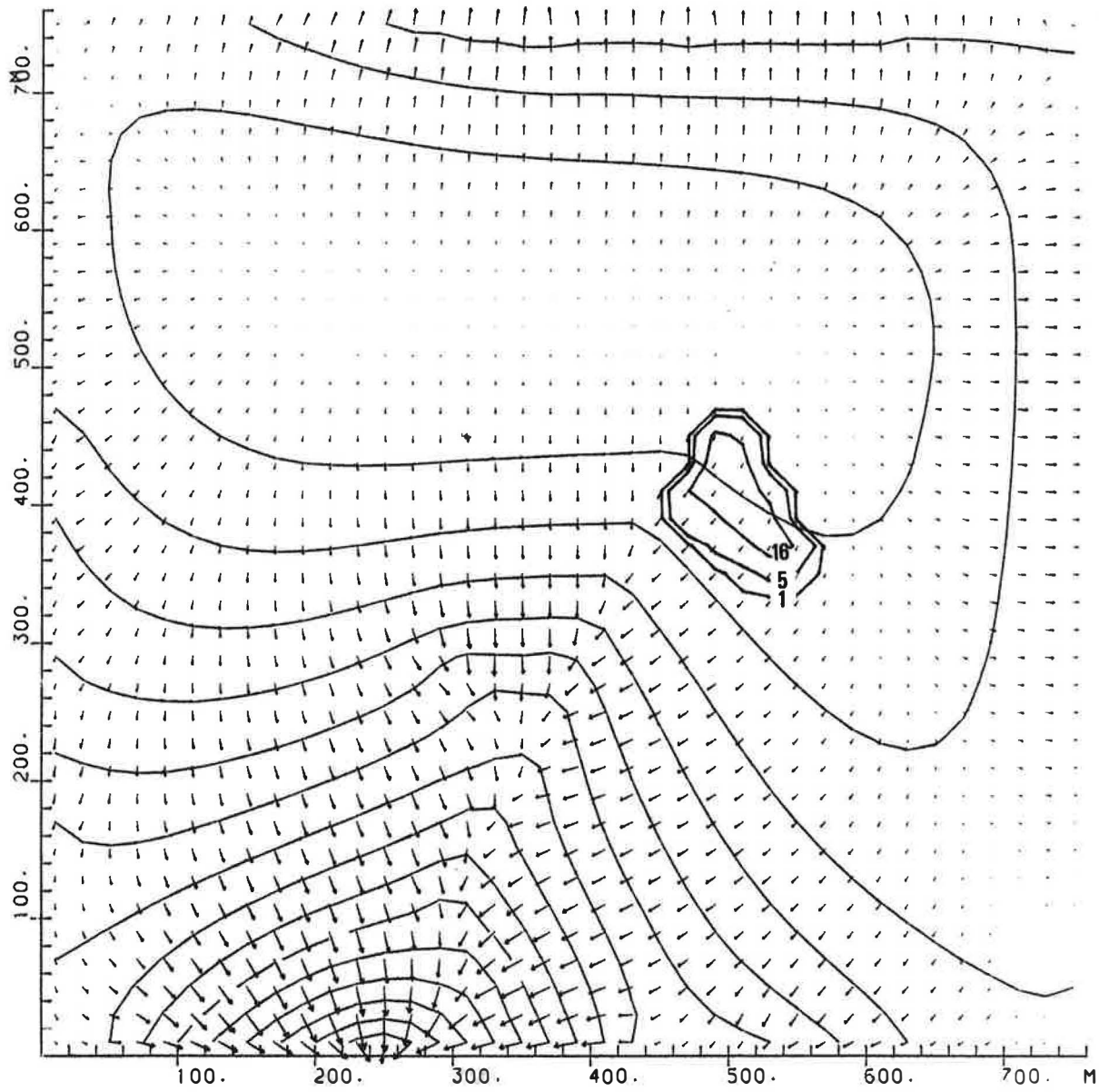
40 JAAR (1985)

PLAAT 4 : (vervolg)



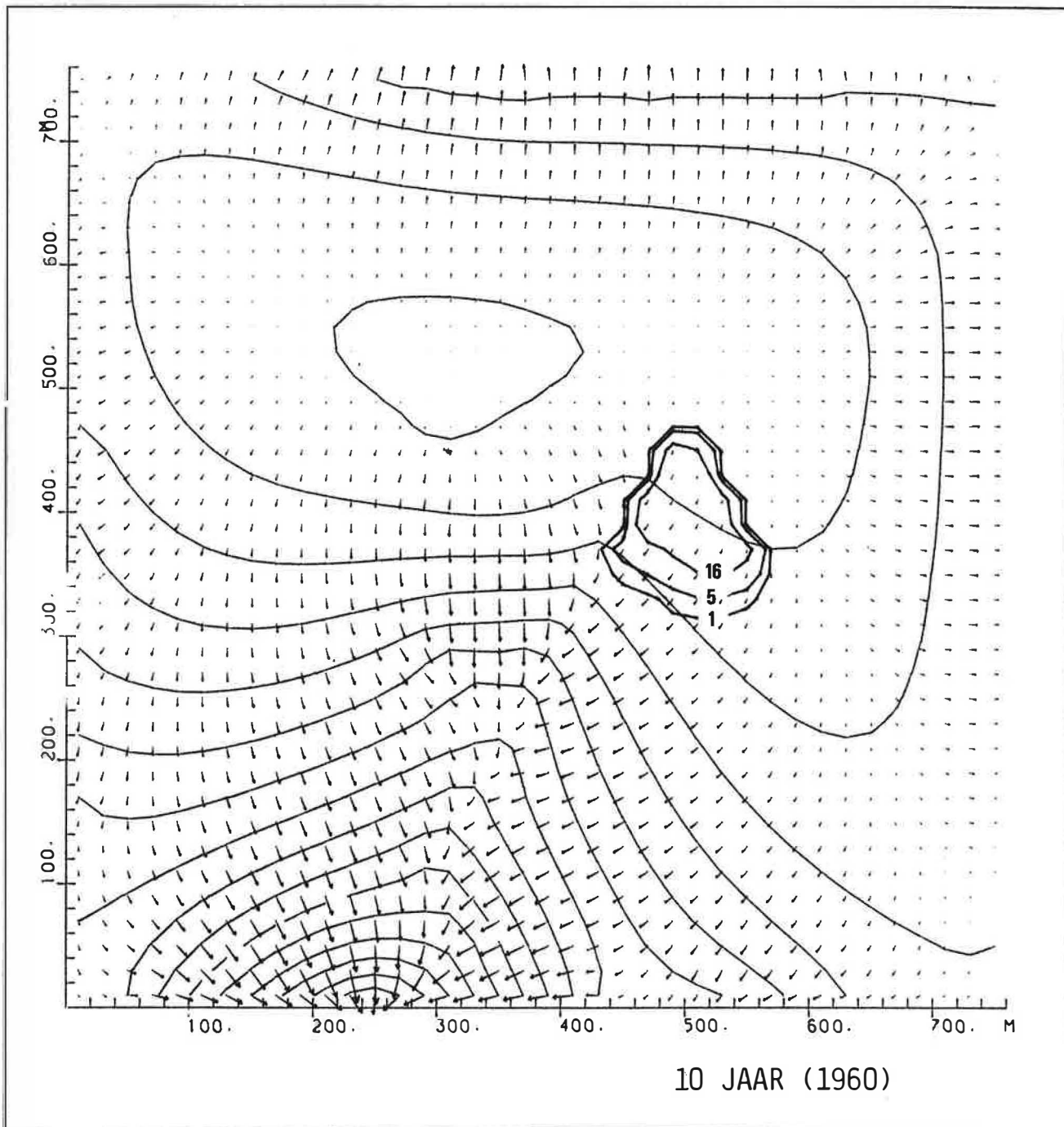
45 JAAR (1990)

PLAAT 4 : (vervolg)

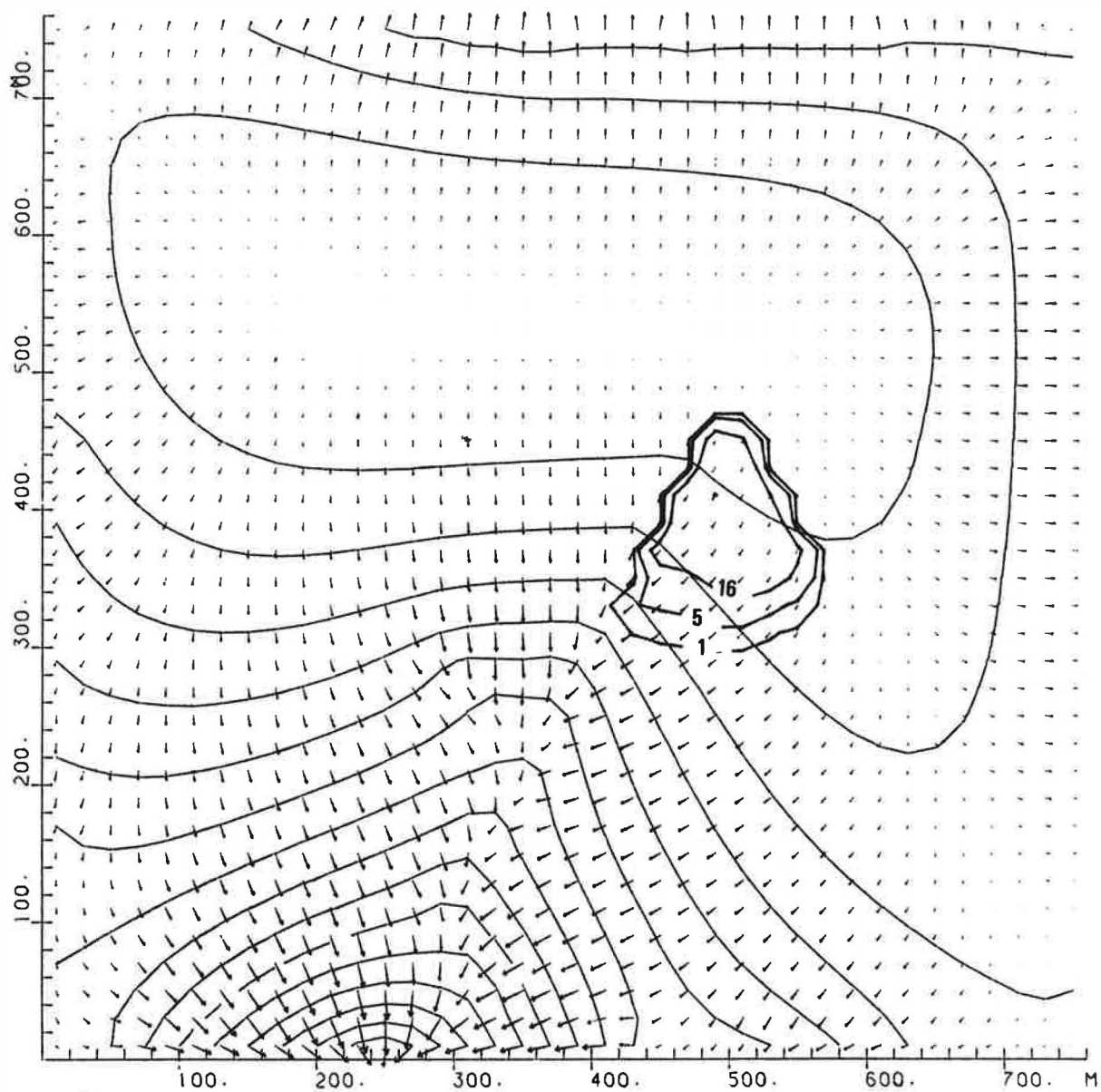


5 JAAR (1955)

PLAAT 5 : Horizontaal model:stortzone 3

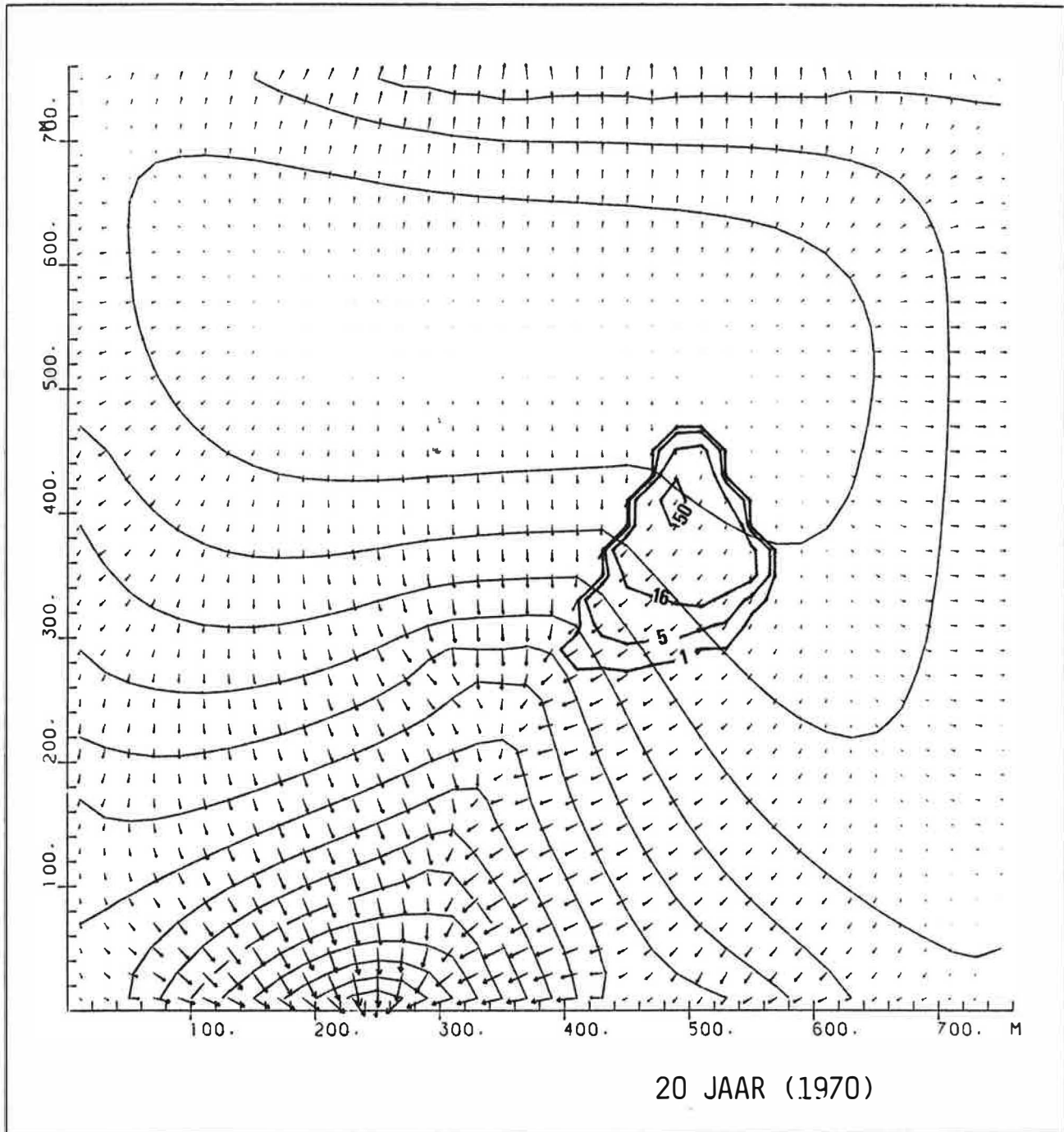


PLAAT 5 : (vervolg)

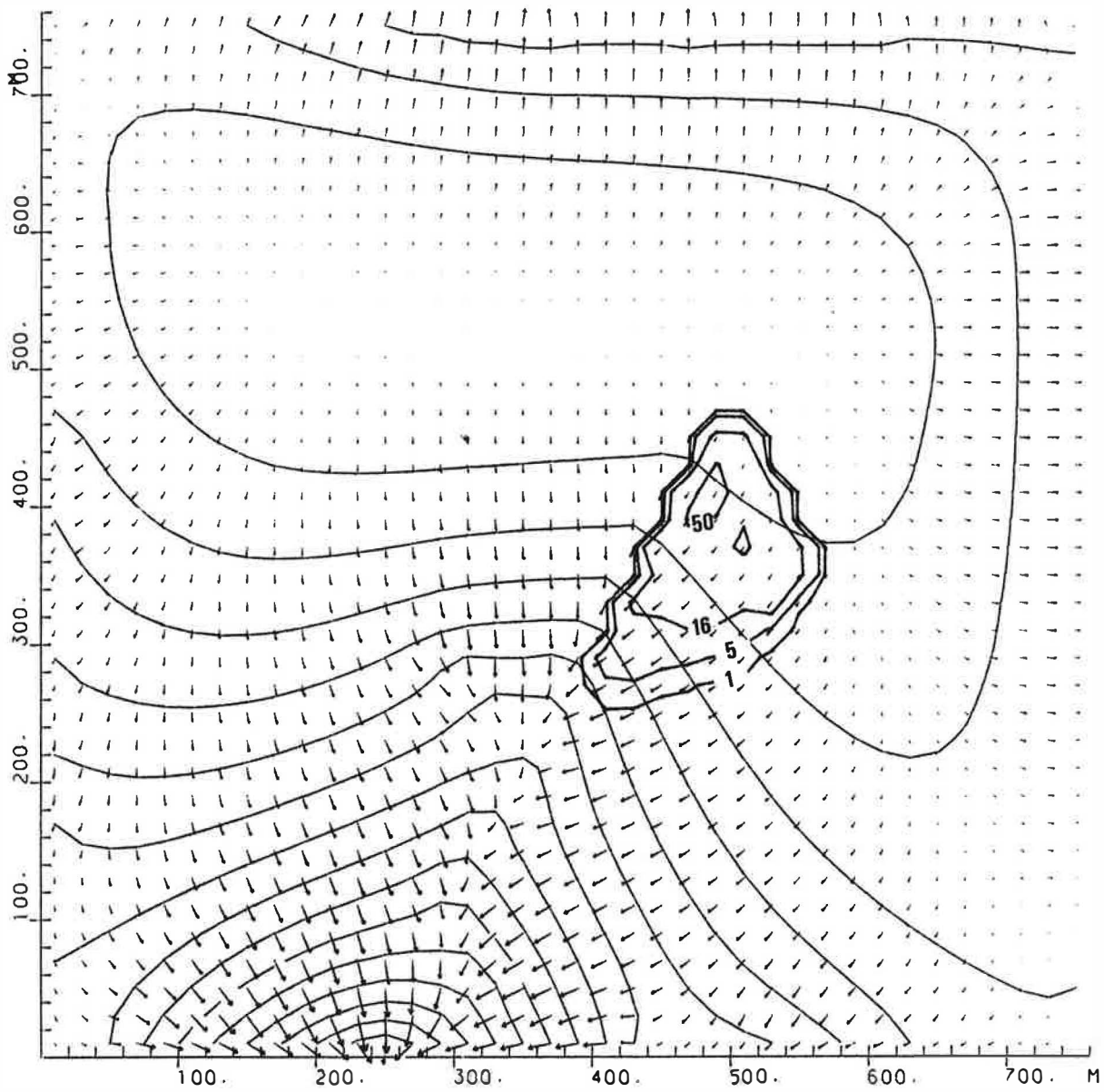


15 JAAR (1965)

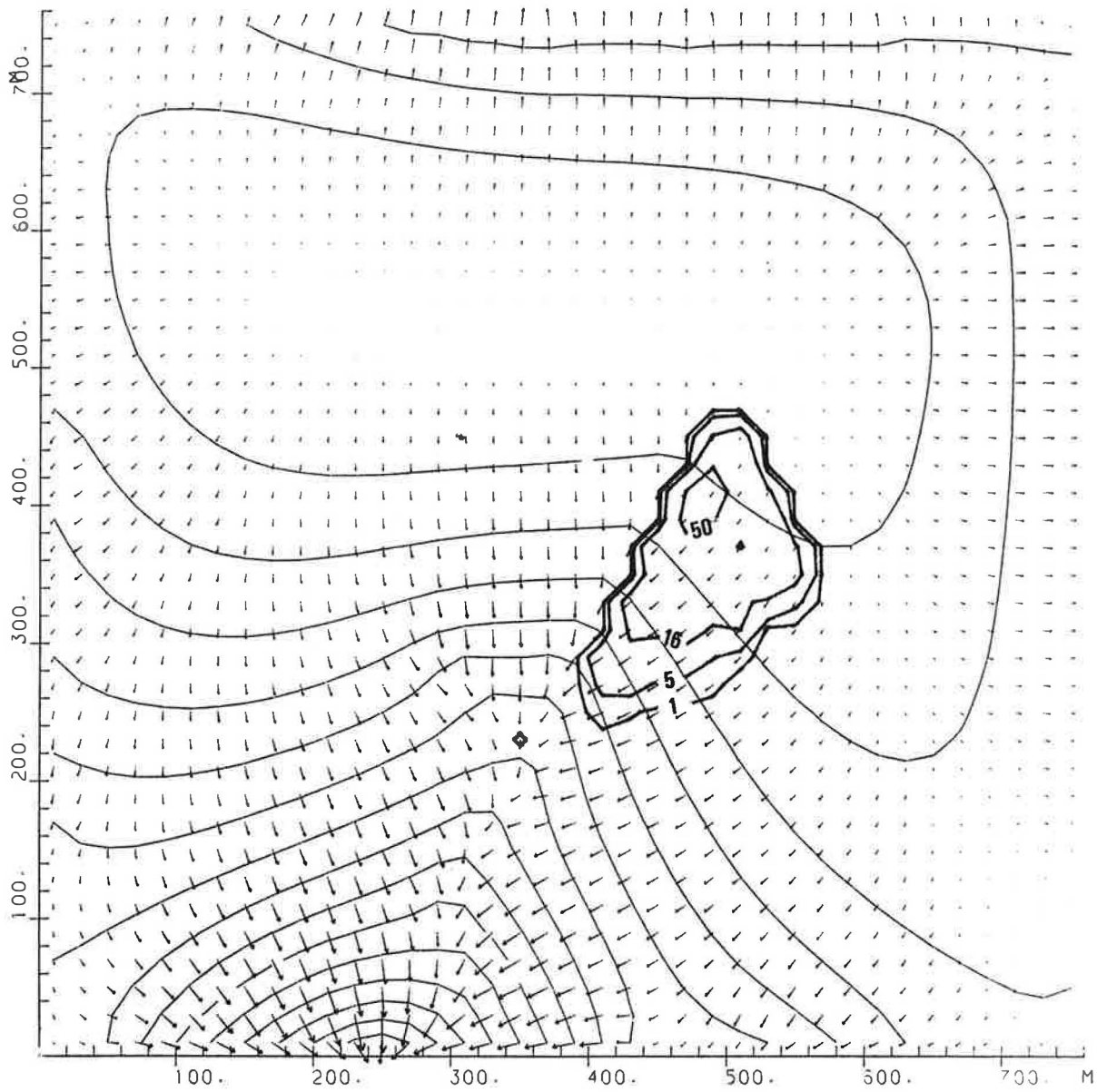
PLAAT 5 : (vervolg)



PLAAT 5 : (vervolg)

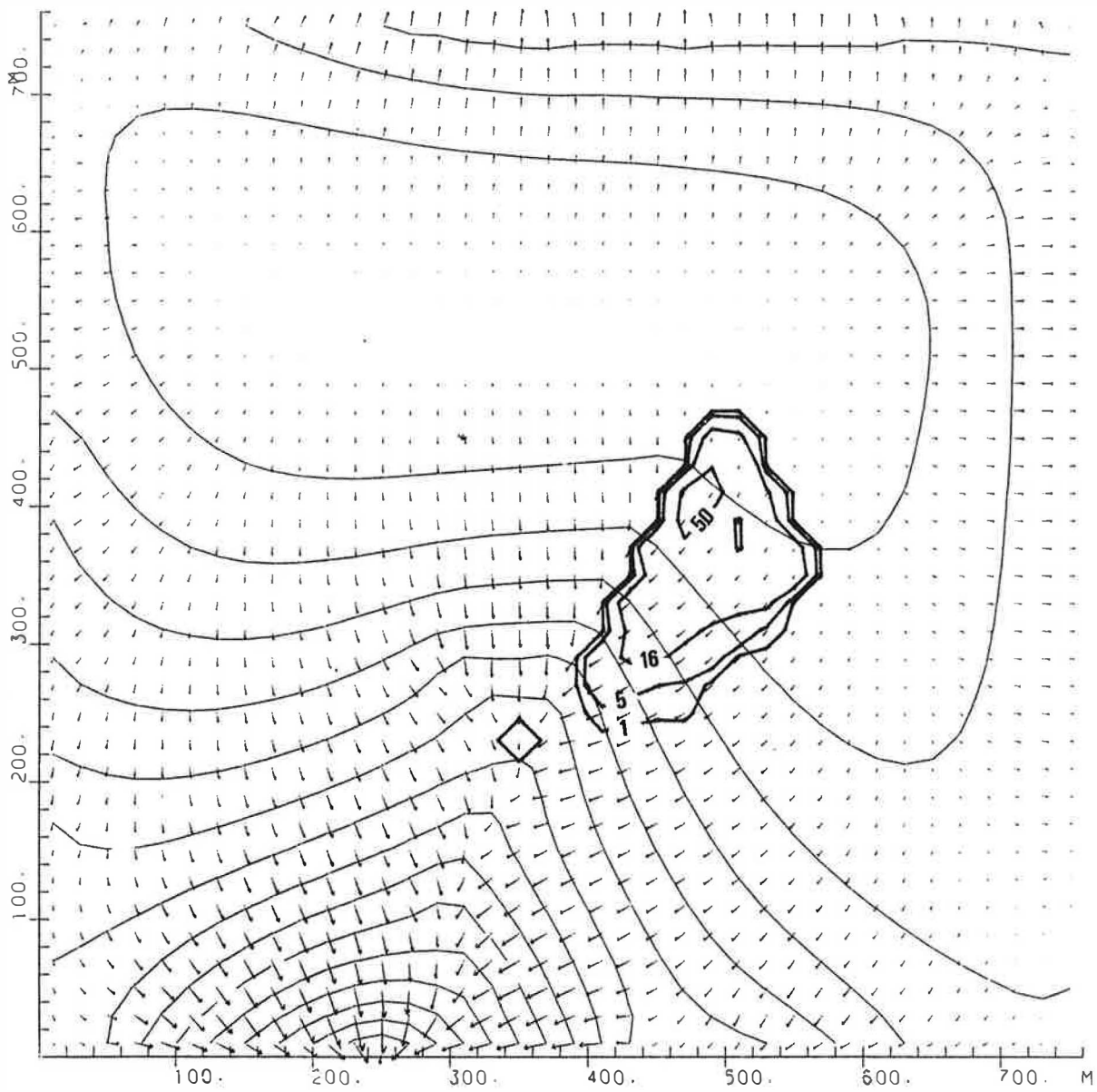


25 JAAR (1975)

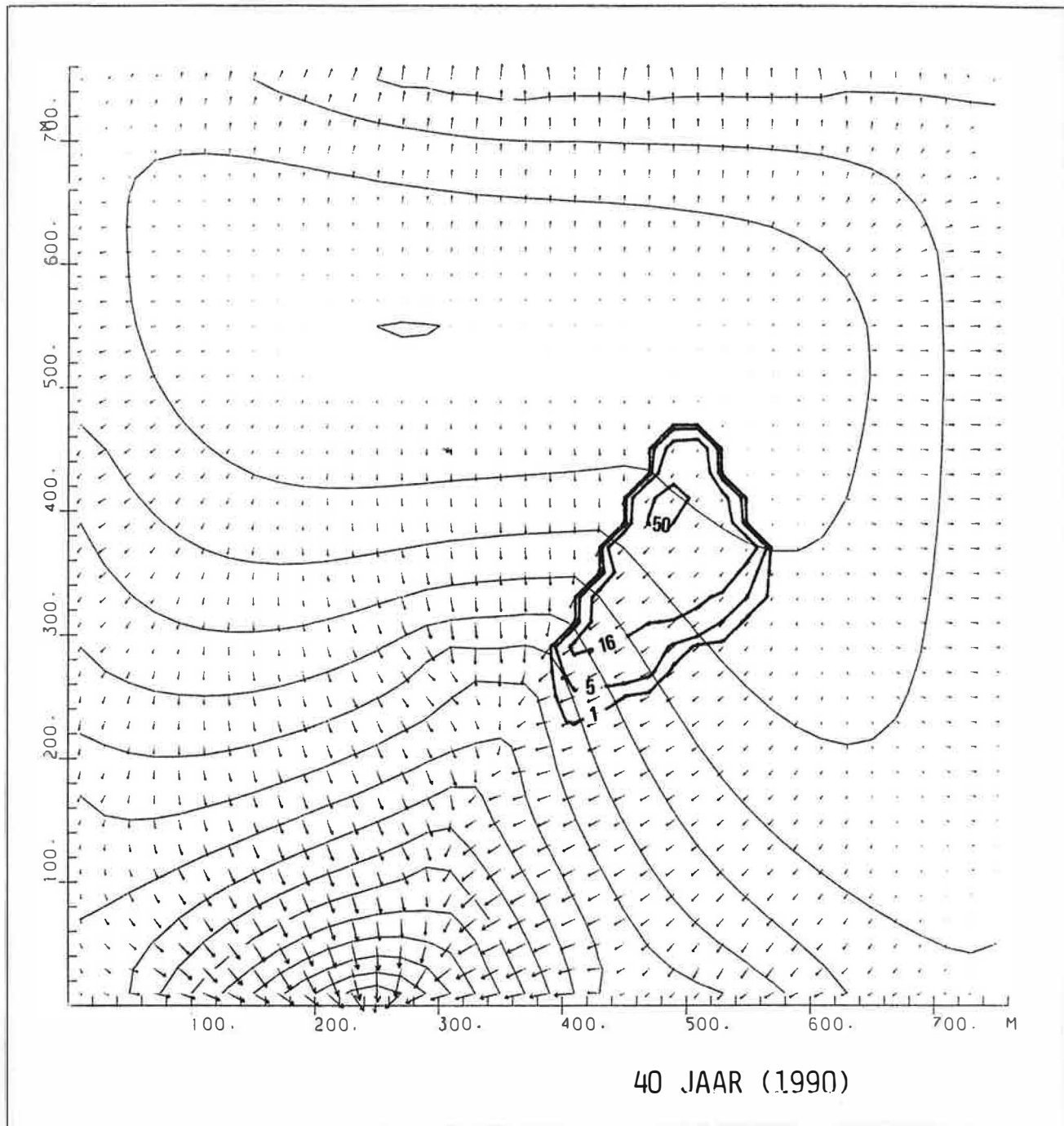


30 JAAR (1980)

PLAAT 5 : (vervolg)

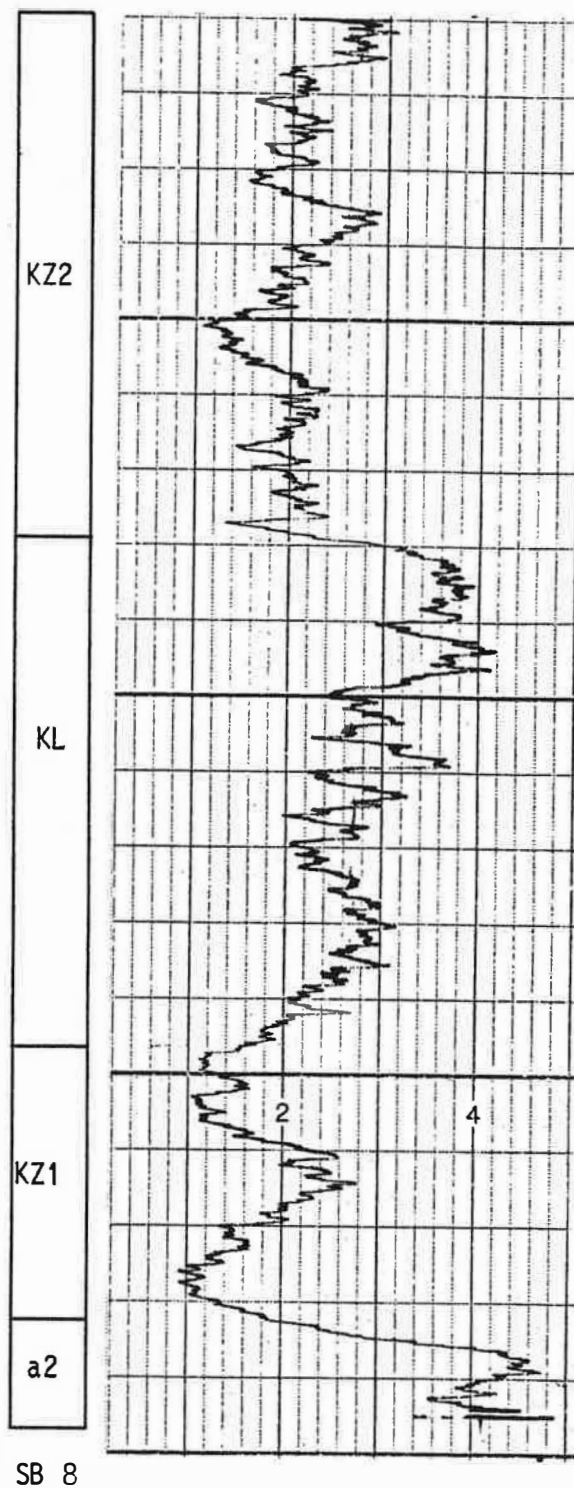
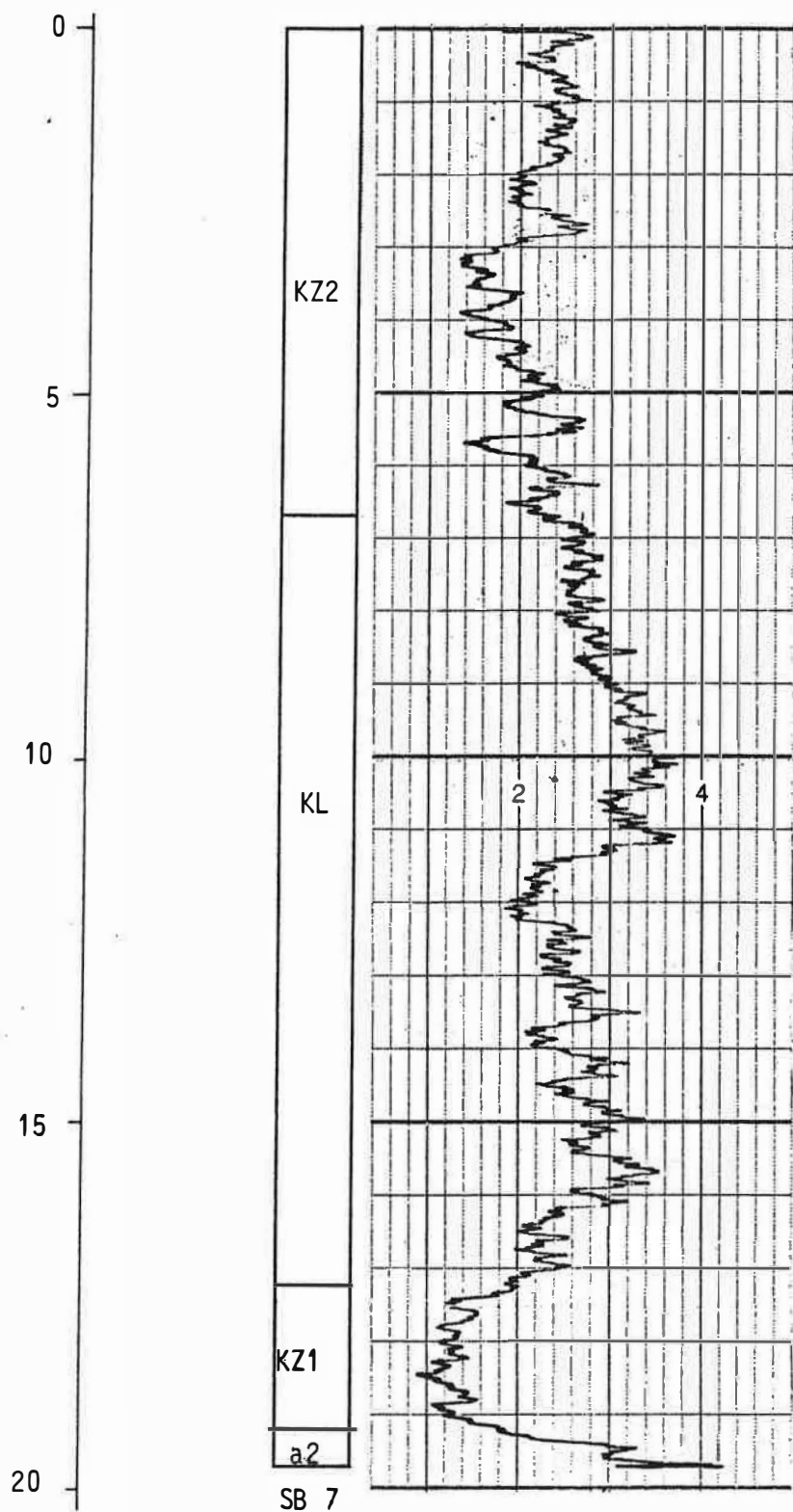


35 JAAR (1985)



PLAAT 5 : (vervolg)

diepte in m
onder het maaiveld



BIJLAGE 1 : GAMMA - METING IN DE PEILBUIZEN SB7 EN SB8.